DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang. 22. Juni 1923. Heft 25.

Die Verwendung von organisiertem „Totem" im Aufbau des lebendigen Organismus und ihre theoretische und tatsächliche Basis.

Von Franz Weidenreich, Heidelberg.

Unter dem vielversprechenden Titel: „L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie" hat der Pariser Histologe *Nageotte*[1]) vor kurzem ein Buch erscheinen lassen, das nicht wegen seiner die Etikette bestimmenden Allgemeinheiten über den Begriff der lebenden Materie — denn wesentlich neue Gedanken über dieses Thema sind darin kaum zu finden — besonderes Interesse erweckt, sondern weil hier der Versuch gemacht wird, die Richtigkeit rein theoretisch histologischer Überlegungen durch Experimente, die in das Gebiet der Chirurgie fallen und damit besondere praktische Bedeutung haben, zu erweisen.

Nageotte geht bei seinen Überlegungen von den Interzellularsubstanzen aus, und zwar von deren wesentlichstem Strukturelement, der Bindegewebsfaser, und der Art ihrer Entstehung. Seiner Meinung nach ist entgegen der herrschenden Ansicht diese Faser nicht das Produkt irgendeiner direkten Umformung peripherer Protoplasmateile der lebenden Zelle, sondern entsteht zunächst interzellulär, d. h. innerhalb der Gewebsflüssigkeit durch einen Gerinnungsprozeß als Fibrin. Dieses Fibrin wandelte sich dann seinerseits in die kollagene Faser um. Zellen beteiligten sich bei diesen Vorgängen nur insofern, als sie ein Ferment absonderten, das die Fibrinbildung und den „Metamorphismus", wie *Nageotte* im Gegensatz zu anderen, unter Miteinbeziehung von Zellen selbst zustande kommenden „metaplastischen" Vorgängen diese Umsetzung bezeichnet, auslöse. Da nun das Fibrin, das so einen präkollagenen Charakter gewänne, „nichtlebend" sei, könne auch die kollagene Faser als histologischer Ausdruck jenes Metamorphismus nicht als „lebend" bezeichnet werden. Indem der Organismus sie gleichwohl als Bauelement im weitesten Ausmaß benütze, verwende er in gewissem Sinne „totes" Material. Ist dem aber so, dann macht es auch keinen Unterschied, wenn zu Heilungszwecken als Defektausgleich direkt totes, d. h. abgestorbenes Material dem lebenden Körper einverleibt wird. Daher empfiehlt *Nageotte* in solchen Fällen tote Sehnen, toten Knorpel oder Knochen, tote Blutgefäße, tote Nerven zu transplantieren. Bis zu einem gewissen Grade lasse sich dabei auch unbedenklich heteroplastisches Gewebe verwenden. Da Material, das seiner Natur nach überhaupt nicht lebte, auch nicht absterben könne, so verschlägt es dieser Auffassung nach nichts, wenn die zur Transplantation verwendeten Gewebsstücke nach ihrer Entnahme aus dem Körper auch längere Zeit in Formalin oder Alkohol aufbewahrt waren. Zwar sollen die Zellen des Transplantats in jedem Falle zugrunde gehen. Allein der Wirt biete sofort Ersatz, indem Fibroblasten in das Gewebe einwanderten und es „wiederbevölkerten". Die neuen Zellankömmlinge sollen sich dabei den orts- oder wirtsfremden faserigen Elementen gegenüber genau so verhalten, wie wenn diese im Organismus selbst unter natürlichen Bedingungen gebildet worden wären. *Nageotte* berichtet über zahlreiche Versuche, in denen ihm solche Übertragungen glückten und bei denen nicht nur funktionell eine vollständige Restitution erreicht worden sei, sondern auch die nachträgliche mikroskopische Untersuchung — z. B. bei Sehnen- und Gefäßtransplantationen — eine so totale Verwischung der Gewebsgrenzen ergeben hätte, daß nicht einmal die Verlötungsstelle mehr nachweisbar geblieben wäre.

So originell auch die Ideen *Nageottes* im ersten Augenblick anmuten, so sind sie doch weder in ihren theoretischen Voraussetzungen noch in dem Versuch ihrer praktischen Auswertung wirklich neu. Sowohl die Vorstellung der Entstehung der Bindegewebsfaser unabhängig von den Zellen, wie auch die Leugnung ihrer Teilnahme an den Vorgängen des Lebensprozesses sind Gedanken, die schon vor vielen Dezennien von *Henle*[2]) und *Virchow*[3]) ausgesprochen wurden. *Henle* ließ die Bindegewebsbündel aus einer glasigen Grundsubstanz, dem „Cytoblastem", durch Zerklüftung hervorgehen, wobei die Zellen, d. h. eigentlich die in diese Masse eingelagerten Kerne sich passiv verhalten sollten. *Virchow*, der Begründer der Zellularpathologie, verlegte den Sitz aller Lebensvorgänge ausschließlich in die Zelle. Das Kriterium des Lebens sah er nur in der den Interzellularsubstanzen abgehenden Erregbarkeit, d. h. in der Eigenschaft auf äußere Einwirkungen hin in Tätigkeit zu geraten. Da das Leben kurzweg Zelltätigkeit sei, so könne es auch kein extrazelluläres Leben geben. Daher seien auch die Interzellularsubstanzen nicht lebendig: sie seien

[1]) *Nageotte, J.*, L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie. Paris 1922.

[2]) *Henle, J.*, Allgemeine Anatomie, 1841.

[3]) *Virchow, R.*, Die Cellularpathologie usw., 1. Aufl., 1858; dasselbe, 4. Aufl., 1871. — Zum neuen Jahrhundert, Virch. Arch. *159*, 1, 1900.

aber auch nicht als tot zu bezeichnen. „Denn tot kann nur etwas sein, was vorher lebendig war, und die Interzellularsubstanz war dies niemals." Der letztere Gedanke kehrt fast wörtlich bei *Nageotte* wieder.

Die Frage nach der Entstehung und der Natur der Interzellularsubstanzen, die so von Anfang an aufs engste mit der Zellenstaatlehre verknüpft war, hängt in ihrer Beantwortung durchaus von dem Standpunkt ab, den man zu dieser Lehre einnimmt. Aber es ist interessant, zu sehen, daß man selbst beim Abrücken von diesen Vorstellungen zu ganz entgegengesetzten Schlußfolgerungen gelangen kann. Trotzdem *Nageotte* die Bildung jener Substanzen in die nicht lebend gedachte Gewebsflüssigkeit verlegt und sie darum als nichtlebend betrachtet, stimmt er gleichwohl mit *Virchow* überein, der allein die Zelle als Bildungsstätte anerkennt und gerade deswegen ihrem Produkt das Prädikat lebendig absprechen möchte. Im Gegensatz hierzu sieht *M. Heidenhain*[4]), der die Zellenstaat-Theorie im Virchowschen Sinne verwirft, in den Zellen im wesentlichen nur trophische Einheiten, aber keineswegs die ausschließlichen Träger der Lebensprozesse. Denn diese sind nach ihm an kleinste molekuläre Verbände, die Protomeren, gebunden, die nicht nur das eigentliche Protoplasma, sondern auch deren Bildungsprodukt, die „metaplastischen" Strukturmassen, d. h. die Interzellularsubstanzen, zusammensetzen. Aus lebender Materie aufgebaut, lebten diese daher „schlechthin wie die Zelle selbst". Irgendwie „erborgtes" Leben gäbe es nicht. Diese Annahme hat zur Voraussetzung, daß charakteristische Lebensäußerungen auch an den Metaplasmen festzustellen sind. *Heidenhain* glaubt, diesen Beweis erbringen zu können. Schon früher hatte *v. Ebner*[5]) gezeigt, daß in der aus Fasern bestehenden, zellenlosen Chordascheide niederer Tiere besondere schichtweise Differenzierungen auftreten, die bei fortschreitendem Wachstum in gleicher Weise und Anordnung an Masse zunehmen, und daraus den Schluß gezogen, daß hier, da eine appositionelle Zunahme von außen her keine befriedigende Erklärung der Erscheinung gäbe, ein selbständiges Wachstum der zellenlosen Schichten, d. h. eine Bildung neuer Fasern zwischen den alten, vor sich gehen müsse. *Heidenhain* nimmt ein solches intussuszeptionelles Wachstum für alle Bindegewebsbündel an und vermutet, daß ihm eine Fibrillenspaltung zugrunde läge. Außerdem soll den Interzellularsubstanzen auch eine physiologische Aktivität und Erregbarkeit zukommen. Die erstere wird aus der Bänderspannung abgeleitet, die letztere aus der Tatsache der funktionellen Anpassung. *Biedermann*[6]) geht zwar nicht ganz soweit wie *Heidenhain*, aber er will doch gerade auf Grund der v. Ebnerschen Feststellungen die Bindegewebsfasern nicht als tote unveränderliche Zellprodukte gelten lassen, sondern möchte ihnen wenigstens ein zeitweises, vielleicht auch dauerndes Sonderleben unter dem Einfluß der produzierenden Zellen zuschreiben.

In neuerer Zeit hat *Hueck*[7]), indem er den syncytialen Bildungscharakter des Organismus, wie er besonders in dem Bau und der Anordnung des Mesenchyms und seiner Derivate zum Ausdruck kommt, unterstrich, die Heidenhainsche Grundidee mit Rücksicht auf pathologische Vorgänge auch auf das Wachstum kompliziert gebauter Membranen übertragen und speziell am Beispiel der Arterienwand nachzuweisen gesucht, daß hier Wachstumsvorgänge, Differenzierungen und Umdifferenzierungen, Regenerationen und Degenerationen innerhalb der Grundsubstanzen ablaufen, für die direkte Zellvorgänge nicht verantwortlich gemacht werden können und die daher die Annahme eines autonomen Lebens notwendig machten. Auch hier das gleiche Bestreben wie bei *Nageotte*, vom Zellenstaatbegriff loszukommen, nur mit dem diametralen Gegensatz in der Beurteilung der Natur interzellularer Differenzierungen: *Nageotte* hält im Virchowschen Sinne nur die Zelle für lebendig, die unabhängig davon entstehende Grundsubstanz eben darum für nichtlebend, *Hueck-Heidenhain* dagegen sehen überall im Organismus Leben auch außerhalb der Zelle und darum auch in den Interzellularsubstanzen.

Bei den Vertretern der Idee vom autonomen Leben der Bindegewebsfaser und ihrer Modifikationen spricht die fast allgemein akzeptierte Vorstellung mit, daß die Faser ein direktes Zellprodukt ist, d. h., daß sie sich im Protoplasma oder wenigstens in unmittelbarem Zusammenhang mit ihm „epizellulär" entwickle. Allein mit der bloßen Feststellung solcher topographisch genetischer Beziehungen kann die zur Diskussion stehende Frage nicht gelöst werden. Denn die kollagene Faser ist ja in ihrer chemischen und physikalischen Konstitution ganz anders geartet als das Zellplasma. Selbst wenn sie also auch aus diesem direkt hervorginge, so wäre es doch denkbar, daß sie mit der tatsächlichen Umänderung ihrer Struktur gerade diejenigen Eigenschaften einbüßte, die das Wesen des Lebens ausmachen. Dieser Einwand ist auch dann berechtigt, wenn man mit *Meves*[8]) annehmen will, daß die Chondrioconten selbst die Grundlagen der fibrillären Differenzierung sind. Andererseits können sogar innerhalb der Zelle selbst gerade mechanisch bedeutungsvolle Strukturen zur Ausbildung gelangen, die mit Sicherheit als nichtlebend anzusprechen sind. Hierher gehören z. B. die Kalk-

[4]) *Heidenhain, M.*, Plasma und Zelle, 1907.

[5]) *v. Ebner, V.*, Die Chorda dorsalis der niederen Tiere und die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes. Zeitschr. wiss. Zool. *62*, 469, 1897.

[6]) *Biedermann, W.*, Die Physiologie der Stütz- und Skelettsubstanzen. Wintersteins Handb. vgl. Physiol. *III*, 1, 1913.

[7]) *Hueck, W.*, Über das Mesenchym usw. Beitr. path. Anat. allg. Path. *66*, 330, 1920.

[8]) *Meves, F.*, Über Strukturen in den Zellen des embryonalen Stützgewebes usw. Arch. mikr. Anat. *75*, 149, 1910.

nadeln der Spongien, die zunächst im Innern besonderer Skleroblasten als sogenannte geformte Sekrete auftreten und, auch wenn sie aus der Zelle herauswachsen, doch immer noch Nachschub von ihr erhalten. Auf der anderen Seite haben wir in den Hornsubstanzen einen Beleg dafür, daß der Zelleib als Ganzes weitgehenden Umformungen mit völliger Änderung seines chemischen und physikalischen Charakters unterliegen, ja daß die Zelle als solche wirklich absterben kann, während das Produkt dieser Dekomposition gerade damit zu seiner physiologischen Höchstleistung gelangt.

Ist demnach auch mit der genetischen Ableitung allein nichts anzufangen, so bleiben doch noch die Wachstumsvorgänge zu erklären. Ist ein Wachstum ohne Eigenleben möglich? Die Beantwortung der Frage hängt in erster Linie von der Art der Vorgänge ab, die hier als Wachstum bezeichnet werden. Nach den Befunden *v. Ebners* an der Chordascheide, die auch *Meves* für die sich entwickelnden Sehnenfaserbündel bestätigt, handelt es sich um eine Massenzunahme gleichgearteter Substanz, die aus feinsten, durch eine „Kittsubstanz" zusammengehaltenen Fibrillen besteht. *v. Ebner*[9]) hat aber selbst die Auffassung vertreten, daß diese Fibrillen durch rein mechanische Vorgänge in der einheitlichen präkollagenen Masse erst geprägt würden. Die Fibrillensonderung ist danach ein sekundärer Prozeß, und zum Wachstum genügt die einfache Zunahme jener Bildungsmasse. Daß diese ohne direkte Zellbeteiligung vor sich geht, wird zugegeben. Damit aber kommen wir zu der Vorstellung, daß das Wachstum hier einfache Angliederung von Substanzen bedeutet, die in irgendeiner Form in dem umgebenden Medium enthalten sind. Entweder finden sich diese Substanzen in flüssiger Form und werden nur durch eine Änderung ihres Aggregatzustandes geformt oder aber sie sind anderer Art, und die Angliederung ist nur der Ausdruck eines Assimilationsvorgangs, also wirklicher Stoffwechselvorgänge, in der wachsenden Faser. Wer auf dem Standpunkt steht, daß derartige Wachstumsprozesse im Organismus unter allen Umständen echte Lebensphänomene sind, wird die letztgenannte Alternative allein für richtig anerkennen. Allein solange nicht nachgewiesen ist, daß die Faser atmet, hat die erstgenannte Annahme ebensoviel für sich. Der Wachstumsvorgang wäre dann einem Kristallisationsphänomen gleichzusetzen, zumal schon aus optischen Gründen (Doppelbrechung) eine kristalloide Struktur der Bindegewebsfaser vermutet werden darf. Weder Wachstumsfähigkeit noch Ausbildung typischer Gestalt noch auch Teilungsfähigkeit lassen sich nach *Rhumbler*[10]) der organismischen lebenden Substanz allein zuschreiben.

Der ganze Gegensatz der Meinungen kommt letzten Endes auf die Definition des Lebensbegriffes hinaus. Solange wir das Vorhandensein von Leben nur aus bestimmten Äußerungen der Materie ableiten können, wird es schwer sein, die Grenze zwischen lebendigen und nicht lebendigen Bestandteilen des Organismus zu ziehen. Die normalen morphologischen Differenzierungen und die pathologischen Erscheinungen zwingen uns aber dazu, die Lebendigkeit nach Graden abzustufen[11]) und dabei auch Fernwirkungen der Zelle anzunehmen. Sowohl die Bildungsvorgänge wie auch das Verhalten der fertigen Interzellularsubstanzen bieten dafür Belege. *Nageotte*, der sonst in der Erklärung ihrer Selbständigkeit sehr weit geht, nimmt für ihre Entstehung noch die Mitwirkung der Zelle in Form einer Fermentabsonderung an. Auch hätte die von ihm behauptete „Wiederbevölkerung" des abgetöteten Bindegewebes durch neu einwandernde Zellen keinen Sinn, wenn man sie nicht wenigstens mit irgendwelchen trophischen Notwendigkeiten in Verbindung bringen will. Ich selbst[12]) habe neuerdings unabhängig von *Nageotte* die Ansicht vertreten, daß die Bildung des lamellösen Knochens, den ich mit einem allgemeineren Ausdruck als Schalenknochen bezeichne, als ein Ausflockungsvorgang aufzufassen ist, indem nach Art der Fibrinbildung durch eine vermutlich fermentative Sekretproduktion der Osteoblasten zunächst eine Grundsubstanz ausfällt, in der es dann zu einer Prägung der Fibrillen und zu einer Ablagerung der Kalkerde in der verbleibenden, nunmehr als Kittsubstanz erscheinenden interfibrillären Grundsubstanz kommt. Solche Vorgänge können sich abspielen, ohne daß die dabei beteiligten Zellen in unmittelbarer Verbindung mit dem so entstehenden Produkt zu sein brauchen. Bei der Bildung des Faserknochens, wobei die fertigen Bindegewebsfasern von einem mit Kalksalzen imprägnierten und um sie herum sich ablagernden Kittsubstanzmantel umschlossen werden, scheinen sich die miteingeschlossenen Bindegewebszellen vollständig passiv zu verhalten.

Doch läßt sich eine Beziehung der Zelle zu ihrem geformten Sekret auch noch in anderer Weise denken. Dasselbe Problem, das die Interzellularsubstanzen für den tierischen Organismus stellen, besteht auch im Pflanzenkörper in bezug auf das Verhältnis zwischen Membran und Zellinhalt. Für die Membran wird intussuszeptionelles Wachstum und sonstige Teilnahme an den

[9]) *v. Ebner, V.*, Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organischer Substanzen. 1882.

[10]) *Rhumbler, L.*, Aus dem Lückengebiet zwischen organismischer und anorganismischer Materie. Erg. Anat. Entw.-Gesch. *15*, 1, 1905.

[11]) S. hierüber *Weidenreich, F.*, Über Differenzierung und Entdifferenzierung. Arch. mikr. Anat. *97*, 227, 1923.

[12]) *Weidenreich, F.*, Knochenbildung und Bindegewebsverknöcherung. Münch. med. Woch. Nr. 10, 315, 1923. — Knochenstudien. I. Teil: Über Aufbau und Entwicklung des Knochens und den Charakter des Knochengewebes. Zeitschr. Anat. Entw.-Gesch. (im Druck).

Lebensvorgängen angenommen. Aber auch hier ist es fraglich, ob diese Prozesse Eigenerscheinungen der Zellhaut sind oder vom Plasma irgendwie hineingetragen werden. Zugunsten der letzteren Ansicht sprechen neue experimentelle Untersuchungen *Hansteen-Cranners*[13]), dessen These sich auf die Natur der Zellmembran als kolloidales Gebilde gründet und in dieser Form Zusammenhänge mit der prinzipiell gleich strukturierten Plasmahaut annimmt. Plasma und Vacuolenhaut der Pflanzenzelle stellten danach ein kolloidales System aus Phosphatiden dar; die Phosphatidgrenzschicht durchdringt überall auch die anliegende Zellhaut, die selbst ein kolloidales Netzwerk sei, dessen festes Gerüst aus Zellulose und Hemizellulose bestehe, während die Maschen sämtliche Phosphatide der Grenzschicht enthielten. Diese Formulierung kommt auf einen alten Gedanken *Wiesners*[14]) hinaus, den schon *Biedermann*[15]) auf die kollagene Faser übertragen hat. Da auch die tierischen Interzellularsubstanzen ein kolloidales System darstellen, können zwischen ihnen und der Zelle zum Teil sehr wohl ganz ähnlich geartete Zusammenhänge bestehen, die die Interzellularsubstanz an Zellvorgängen teilnehmen ließe, ohne daß sie aber darum selbst der Herd metabolistischer Prozesse zu sein brauchte. Der ursprüngliche Gedanke *Virchows*, daß die Interzellularsubstanz zwar nicht lebt, aber doch in Abhängigkeit von den lebenden Zellen steht, würde damit in ein modernes Gewand gekleidet. Es gäbe dann doch etwas wie ein „erborgtes", d. h. ein induziertes Leben.

Wie man aber auch das Leben der Interzellularsubstanzen beurteilen mag, so ist doch sicher, daß sowohl im tierischen wie im pflanzlichen Organismus Formationen vorkommen, die morphologisch als tot oder jedenfalls als absterbend zu betrachten sind, denen aber gleichwohl im Haushalt des Körpers eine hohe physiologische Bedeutung zukommt. Hierher gehören alle epidermoidalen Bildungen des Tierkörpers, wie die verhornte Oberhaut, Haare, Nägel, Federn usw. Trotz ihrer ursprünglichen Entstehung aus lebenden Zellen und ihrer innigen Verbindung mit dem lebenden Organismus sind diese Gebilde sicher nicht mehr der Sitz eigener Stoffwechselvorgänge, und wenn auch gewisse Reaktionen an ihnen beobachtet werden mögen, so handelt es sich hierbei doch nur um Veränderungen physikalischer Natur, wie sie auch an sicher unbelebten Körpern nachweisbar sind. Auch ein dauernd im Organismus verbleibendes Organ, die Linse, ist hierher zu rechnen; sie ist zwar zum Teil von lebendigen Zellen umkleidet, aber ihre Hauptmasse besteht aus eigentümlich umgeformten zellenlosen Fasern, an denen nichts auf spezifische Lebensvorgänge hinweist. Die bekannte Tatsache, daß sie kein artspezifisches Eiweiß besitzt, ist vielleicht auch ein Beweis dafür, daß sie am Stoffwechsel des Organismus keinen Anteil nimmt. Im pflanzlichen Organismus findet totes Material in großem Umfang Verwendung. Kork, Steinzellen, Sklerenchymfasern in Bast und Holz sind im ausgebildeten Zustande tote Zellen, deren Plasma völlig geschwunden ist, die aber gleichwohl zum Teil gerade als mechanisches Gewebe von fundamentaler Bedeutung für den Pflanzenkörper sind. Das gilt besonders auch für das Leitgewebe der Tracheen und Tracheiden, durch deren Membranen der Wasser- und Säftestrom dauernd hindurchpassieren muß. Auch die Trichome der Pflanzen können absterben (Woll- und Filzhaare), gleichwohl aber für das Leben von absoluter Notwendigkeit sein, wie z. B. die durch die Bildung von Kapillarräumen das atmosphärische Wasser festhaltenden Schuppenhaare der epiphytischen Bromeliaceen[16]).

In den genannten Fällen handelt es sich um Zellelemente oder um ganze, aus solchen zusammengesetzte Organe, bei denen der Tod am Schwunde des Kernes und des Protoplasma oder wenigstens an dessen weitgehender Veränderung histologisch abgelesen werden kann. Da wir andererseits bei Wirbellosen reine Kalk-, Kiesel- und Hornskelette finden, die trotz ihres sicher nicht lebendigen Zustandes in dem Bauplan des Körpers eine ebenso wichtige Rolle spielen wie lebende Materie, so ist zunächst kein Grund einzusehen, warum auch die sonstige Verwendung nichtlebenden Materials von vorne herein unmöglich sein sollte. Freilich sehen wir meistens, daß der Organismus das Bestreben hat, Totes zu beseitigen, indem er es entweder abwirft, wie z. B. die epidermoidalen Gebilde oder es im Körperinneren selbst zerstört. Im letzteren Falle ist es gleichgültig, ob es sich um Produkte des eigenen Körpers handelt, die daher von Haus aus auf die spezifischen Besonderheiten des Haushaltes abgestimmt sind, oder um Fremdkörper, die dem Organismus einverleibt wurden. Solche Fremdkörper pflegen, wie besonders *v. Baeyer*[17]) gezeigt hat, charakteristische, z. T. durch ihre Eigenart bedingte Reaktionen auszulösen, die den Zerstörungsprozeß einleiten oder den Körper durch Abschluß nach außen hin unschädlich zu machen suchen.

Der Organismus hat also die Tendenz, sich gegen Substanzen fremder Provenienz zu wehren, gleichviel ob sie leben oder tot sind. Soll ihnen gar eine funktionelle Leistung übertragen werden, so hat dies zur Voraussetzung, daß der Fremdkörper nicht an eine beliebige Stelle gelangt, wo er nicht nur seiner Konstitution wegen, sondern auch, weil er auf die lokalen Arbeitsbedingungen

---

[13]) *Hansteen-Cranner, B.*, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meld. Norg. Landbrukshoisk. 2, 1, 1922.

[14]) *Wiesner, J.*, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz. 1892.

[15]) *Biedermann*, l. c

[16]) *Mez, C.*, Physiologische Bromeliaceenstudien. Jahrb. wiss. Bot. *40*, 157, 1904.

[17]) *v. Baeyer, H.*, Fremdkörper im Organismus. Beitr. klin. Chir. *58*, 1, 1908.

überhaupt nicht eingestellt werden kann, nicht von vorne herein als fremd empfunden und deswegen nicht toleriert wird. Es gibt nur wenig Fälle, in denen derartiges Material völlig physiologischerweise vom Organismus aufgenommen und als Instrument benutzt, d. h. zu bestimmten Leistungen dienstbar gemacht wird. Dahin gehören die Xenoskelette mancher Protozoen, Rotatorien, Anthozoen und Ascidien, wo anorganische Körper, dem Organismus eingegliedert, wie ein Eigenprodukt Verwendung finden; ferner die Statolithen der Decapoden, die nach jeder Häutung vom Tiere selbst wieder in die Statocyste gesteckt werden und aus den verschiedensten zufällig vorhandenen festen Partikelchen bestehen können. Allein hierbei wird das Material nur als tote Masse benutzt, auch wenn Kalk-, Kieselnadeln, Diatomeenschalen oder ähnliche organismische Erzeugnisse eingebaut werden.

Sehr viel anders und in jeder Beziehung merkwürdiger liegen dagegen die Dinge bei den Äolidiern[18]). Diese marinen Nachtschnecken besitzen auf ihrem Rücken lange papillöse, von Poren durchsetzte Fortsätze, die mit Nesselkapseln geladen sind und bei einem Angriff von Beutetieren explodieren. Die Nesselkapseln sind aber nicht Eigenorgane des Tieres, sondern stammen aus der aufgenommenen Cnidariernahrung, die vom Darm her in die zu Nesselsäcken erweiterten und in den Rückenpapillen gelegenen Enden der Leberblindsäcke geleitet wird. Die Äolidier benutzen also die Waffe einer ganz anderen Organismenklasse, als ob sie ihre eigene wäre. Ob die Nesselkapseln selbst als „tot" oder „lebend" betrachtet werden müssen, ist nicht zu entscheiden. Bei der Konstruktion des Apparates ist eine Auslösung der Explosion auch bei toten Zellen möglich. An und für sich ist die letztere Annahme wahrscheinlicher; denn einmal müssen die Nesselkapseln einen großen Teil des Darmtractus passieren, ehe sie an Ort und Stelle gelangen, und dann kennen wir eine derartige Toleranz fremden Lebens nur von der Symbiose und in gewissem Sinne auch vom Parasitismus her, wobei es sich aber um ganze Organismen und nicht um Einzelorgane oder gar nur um besondere Zelldifferenzierungen handelt.

Dagegen ist die künstliche Einverleibung art-, person- oder ortsfremden Gewebes zum Zwecke physiologischer Verwendung im Eigendienst schon seit alter Zeit von der Chirurgie geübt worden. Was uns hier interessiert, ist nur die Frage, ob lebendes, totes oder abgetötetes Material ohne weiteres im fremden Organismus wie selbstproduziertes Verwendung finden kann. Bei der Bluttransfusion ist bekanntlich eine homoioplastische Übertragung möglich. Die roten Blutköperchen der Säugetiere, die morphologisch weitgehend dekompositierte Elemente sind und die dadurch zweifellos eine ganze Reihe von Lebenseigenschaften eingebüßt haben, also mit mehr Recht als nekrobiotisch, denn als „lebend schlechthin" bezeichnet werden dürfen, sind gleichwohl imstande, ihre Funktion als Gaswechsler im personfremden Organismus, der sie im allgemeinen toleriert, ebensolange auszuüben als im eigenen Körper, wo ihnen nachweislich nur die kurze Lebensdauer von etwa 7 Wochen zukommt. Würde man aber die roten Blutkörperchen im Sinne *Nageottes* vorher mit irgendwelchen konservierenden Reagentien behandeln, so würde das sicher trotz ihres natürlichen nekrobiotischen Charakters ihre Konstitution so verändern, daß sie nicht mehr als funktionierende Elemente in Frage kämen; höchstens dürfte ihr Eisengehalt nach der Ausmerzung für die Neubildung gleicher Elemente wieder Verwendung finden. Ich erwähne die roten Blutkörperchen hier deswegen, weil sie ihrem Differenzierungszustande nach sicher mindestens zwischen Tod und Leben stehen.

Doch existieren auch für die Gewebe mit Interzellularsubstanzen, und zwar speziell für den Knochen, eingehende histologische Untersuchungen, die eine Stellungnahme zu der wieder von *Nageotte* neu aufgeworfenen Frage ermöglichen. *Barth*[19]) und *Marchand*[20]) haben kleine Knochenscheibchen aus dem Verband des Schädeldachs gelöst und sofort wieder eingeheilt. Sie fanden dabei, daß zwar dem bloßen Aussehen nach eine völlige Restitution eintrat, daß aber die selbst nur für wenige Minuten aus ihrem natürlichen Zusammenhang gerissene Knochensubstanz — wenigstens wenn das aus dem Zustand ihrer Zellen geschlossen werden kann — zugrunde geht und allmählich durch neue ersetzt wird. Der Prozeß spielt sich nach ihnen in der Weise ab, daß sowohl von der Oberfläche wie von den Markräumen bzw. den Gefäßkanälen her der alte Knochen, dessen Zellen fast sämtlich degenerieren, entweder sofort aufgelöst und durch neuen ersetzt oder aber zunächst stehen bleibt und von neu abgelagerter Substanz ummauert wird. Indem diese Vorgänge sich immer wiederholten, würde der ganze Knochen gewissermaßen heimlich von innen heraus neu umgearbeitet. *Marchand* glaubt, daß die alten Knochenzellen ihre Vitalität einbüßen und neue in Tätigkeit tretende Osteoblasten die alte Grundmasse, ohne daß es dabei zur Bildung von Resorptionslücken kommt, an Ort und Stelle auflösen, um ihre Kalksalze gleich wieder zum Neuaufbau zu verwenden. Ich habe aus anderen Gründen diese Versuche wiederholt und kann die Angaben im wesentlichen bestätigen, wenn ich auch finde, daß die Masse des zunächst nicht absterbenden Knochens sehr viel größer ist als die Angaben *Barths* und *Marchands* vermuten

[18]) *Spengel*, Die Nesselkapseln der Äolidier. Naturw. Wochenschr. 849, 1904.

[19]) *Barth, A.*, Histologische Untersuchungen über Knochenimplantation. Beitr. path. Anat. allg. Path. *17*, 65, 1895.

[20]) *Marchand, F.*, Der Prozeß der Wundheilung. Deutsche Chir. *16*, 1901.

ließen. Man sieht in der Tat, daß neugebildete Knochensubstanz fast überall sich an die alte anlagert und daß das auch dort der Fall ist, wo die letztere in weitgehendem Maße zertrümmert wurde (Sägemehl). Auf diese Weise entsteht ein z. T. aus Bruchstücken zusammengesetzter, stark spongiöser Knochenneubau. In diesem Falle dürfte man also sagen, daß totes oder nicht lebendes Material im Sinne *Nageottes* wieder beim Aufbau Verwendung findet. Das gilt für alle Fälle, d. h. ob man mit dem Nachweis der Zelldegeneration auch die Grundsubstanz selbst für tot hält oder ihr von vorne herein eigenes Leben abspricht.

Nun liegen allerdings beim Knochen besondere Verhältnisse vor. Auch im normalen Knochen finden innere Strukturumsetzungen statt, die sich in großartigen Ab- und Anbauprozessen äußern und das eigentliche Strukturelement des Knochens, das Osteon, dauernd zerstückeln. Die einzelnen kleineren Trümmer dieser Breccie werden aber — und das ist wesentlich — hier wieder durch einen Kalkmörtel, der in Form von „Kittlinien" erkennbar wird, zu einer einheitlich funktionierenden Masse verbunden. Die neugebildeten Knochenteile werden also schon physiologischerweise immer wieder abgebrochen und ihre Fragmente in die allgemeine Masse eingemauert. Bei dieser Sachlage verschlägt es nichts, wenn auch einmal zellenlose Bruchstücke unter die Bausteine gemengt werden. Bei stärkerer Durchsetzung des Materials mit solchen Trümmern vollzieht sich der Umbau offenbar nur rascher als unter normalen Verhältnissen. So wird verständlich, warum zur Deckung etwaiger Defekte an und für sich auch abgetöteter Knochen Verwendung finden kann, wie die Versuche *Barths* und *Marchands* schon längst erwiesen haben. Die Schwierigkeit liegt bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens z. T. wohl darin, daß in solchen Fällen die Elemente, die das neue zur Verlötung nötige Stein- und Mörtelmaterial zu produzieren haben, nicht so rasch und leicht an Ort und Stelle angeliefert werden können.

Nageotte hat die Barthschen Versuche in anderer Form wiederholt und ist zu den gleichen Resultaten gelangt. Aber er zieht daraus keine weiteren Folgerungen und Vergleiche hinsichtlich der Einheilung rein bindegewebiger Strukturen und deren Beurteilung. Am Beispiel der Sehne kann am deutlichsten klar gemacht werden, worauf es ankommt. Beim Knochen in seiner Gesamtheit besteht keine Kontinuität der seine Grundsubstanz mitbildenden Fasermasse selbst. Erst die verkalkte Kittsubstanz, in der sie eingebettet ist, verlötet sie zu einheitlicher Funktion. Ganz anders scheint es bei der Sehne. Sieht man auch davon ab, ob eine Kontinuität zwischen Muskel- und Sehnenfibrille besteht oder nicht, so laufen doch die Sehnenfasern innerhalb der Sehne selbst durch und setzen sich ununterbrochen in das Periost oder in verknöcherter Form in den Knochen selbst fort (Faserknochen vgl. *Weidenreich*[21]). Wird nun aus der Sehne ein Stück herausgeschnitten und ein anderes dafür eingesetzt, so müßte es, wenn die morphologische und funktionelle Einheit wiederhergestellt werden soll, zu einer vollständigen Verlötung von Faser mit Faser an den Vereinigungsstellen kommen. Nach dem, was bisher aber hierüber bekannt wurde, treten nach Kontinuitätstrennungen und Transplantationen von Sehnen oder ähnlichem Gewebe (Blutgefäßen) immer kallusartige Bildungen auf, denen eine starke Vermehrung des peri- und intratendinösen Bindegewebes zugrunde liegt. Man hat dabei den Eindruck, daß es sich bei der Restitution mehr um ein Flicken handelt, indem die durchschnittenen Sehnenfasern in ein Hilfsfilzwerk eingewoben werden, als um eine direkte Verlötung. Es scheint, daß eine faktische Wiederherstellung der Kontinuität erst dadurch zustande kommt, daß die Fasern in ihrer ganzen Länge nach und nach neugebildet werden und daß das Filzwerk diesen Vorgang verdeckt. Beim Knochen lassen sich gleichgeartete Vorgänge wenigstens einigermaßen verfolgen; bei der Sehne ist bis heute nicht gezeigt worden, wie und in welchem Umfang der physiologische Ersatz der Faser vor sich geht, deren zeitweilige Erneuerung wie bei den meisten anderen Geweben und Differenzierungen des Organismus angenommen werden muß. Dieser Mangel entbindet aber nicht von der Notwendigkeit, bei einer behaupteten völligen Kontinuitätswiederherstellung im Verlaufe einer Wundregeneration die besondere Art dieses Vorganges darzutun. Dies gilt gegenüber *Nageottes* Versicherungen, um so mehr, als *Borst* und *Enderlen*[22]) schon längst für die Gefäße gezeigt haben, daß bei ihrer homoioplastischen Transplantation das Transplantat nur der Platzhalter für die von der Pfropfunterlage aus neu entstehenden Gewebspartien ist und in dem Maße, wie diese Neubildung erfolgt, selbst zugrunde geht, und *Salomon*[23]) auch für die Sehne den gleichen Vorgang nachweisen konnte.

Aus den erörterten Gründen kann daher die von *Nageotte* gegebene Darstellung nicht befriedigen. Selbst wenn man zugeben wollte, daß sich das künstlich abgetötete Sehnengewebe wie natürliches lebendes verhält, müßte der Nachweis verlangt werden, in welcher Weise die jeweiligen Enden zu einer neuen Einheit verschmelzen. Die Erklärung, daß in einem gewissen Stadium die Grenzen nicht mehr erkennbar sind, genügt des-

---

[21]) *Weidenreich*, l. c., und: Über die Beziehung zwischen Muskelapparat und Knochen und den Charakter des Knochengewebes. Verh. Anat. Ges. Erlangen *28*, 1922.

[22]) *Borst* und *Enderlen*, Über Transplantation von Gefäßen und ganzen Organen. Deutsche Zeitschr. Chir. *99*, 54, 1909.

[23]) *Salomon, A.*, Untersuchungen über die Transplantation verschiedenartiger Gewebe in Sehnendefekte. Arch. klin. Chir. *114*, 523, 1920.

wegen nicht, da inzwischen die alten Fasern in ihrer ganzen Länge abgebaut und neu durchgezogen sein können. Aber davon abgesehen bleibt sehr schwer vorstellbar, daß eine tagelang dauernde Formalin- oder Alkoholbehandlung die physikalische und chemische Konstitution der Sehne — auch dann, wenn es sich dabei nur um unbelebte kolloidale Systeme handelte — so wenig alterieren sollte, daß sie sich ohne weiteres mit frisch durchschnittenen Fasern zusammenfügte. Auch die Bedeutung der „Wiederbevölkerung" durch die eingewanderten Fibroblasten bedarf genauer Präzisierung. Einstweilen sieht es so aus, als wenn auch hier nur ein Flicken mit neugebildeten Hilfsfasern eingesetzt würde und unter dieser Decke sich eine totale Neubildung vollzöge.

Sollten sich aber die Angaben *Nageottes* bewahrheiten und die Regenerationsvorgänge sich wirklich so abspielen, wie sie in Konsequenz seiner Auffassung nach der hier gegebenen Analyse angenommen werden müßte, dann hätte dies allerdings eine weitgehende Revision unserer zytologischen Grundanschauungen zur Folge. Allein gerade der wesentliche Nachweis, daß die formalinisierten Fasern der eingesetzten Zwischenstücke sich mit den natürlichen Enden zu einer vollständigen Kontinuität wieder verschmelzen können, steht aus.

Im anderen Falle käme die Einverleibung toten Materials praktisch auf die Herstellung künstlicher Substanzbrücken hinaus, wie sie schon längst und in der verschiedensten Weise benutzt wurden. Der einzige Unterschied wäre nur der, daß der Defekt bis zu seiner wirklichen und natürlichen Heilung auf dem Wege einer allmählichen Erneuerung des ganzen betroffenen Apparates durch einen richtigen Kunstflicken gestopft würde. Da eine physiologische Regeneration aber wohl für fast alle Differenzierungen des Organismus innerhalb gewisser Zeitabschnitte angenommen werden muß, handelte es sich auf alle Fälle nur um ein kürzer oder länger dauerndes Provisorium. Die Verwendung von Totem hätte damit jedenfalls nur einen vorübergehenden Charakter. Es gäbe, wenigstens bei Übertragung von Geweben mit Interzellularsubstanzen, überhaupt keine echten Implantationen im Sinne *Roux'*, sondern immer nur funktionelle Substitutionen oder Interplantationen im Sinne *Oppels*[24]). Doch wäre eine derartige Feststellung nur von theoretischem Interesse, denn praktisch müßte das Ziel darauf gerichtet bleiben, solches Material zu finden, das die funktionelle Wiederherstellung in möglichst kurzer Frist sichert, gleichviel ob die provisorische Substitution durch tote oder lebende oder sonstwie geartete Materie erfolgt.

[24]) *Oppel, A.*, Über die gestaltliche Anpassung der Blutgefäße unter Berücksichtigung der funktionellen Transplantation. *Roux'* Vortr. u. Aufs. Entw.-Mech. Org. H. 10, 1910.

Reizgröße und Reizreaktion im Pflanzenreich[1]).

Von Felix Rawitscher, Freiburg i. Br.

Wenn ein Vorgang irgendwelcher Art verändernd auf den Ablauf der Lebenserscheinungen eines Organismus einwirkt — ohne sie zu vernichten, sie also nur in andere Bahnen lenkt — so nennen wir denselben: Reiz. Die Veränderungen im Ablauf der Lebensvorgänge, mit denen der Organismus auf den Reiz antwortet, nennen wir Reaktionen. Meistens ruft ein Reiz mehrere Reaktionen hervor, die zeitlich nacheinander ablaufen, in der Weise, daß die erste, unmittelbare Reaktion, die der Reiz auslöst — Erregung, auch Rezeption, von den Botanikern Perzeption genannt —, ihrerseits wieder als Reiz auf andere Lebensvorgänge einwirken, diese zu einer weiteren Reaktion veranlassen kann, und so fort, bis mit einer letzten, der Endreaktion — oft schlechthin „die Reaktion" genannt — die ganze sogenannte „Reizkette" geschlossen wird. Hat so der ursprüngliche Reiz einen Gleichgewichtszustand gestört, so stellt die Endreaktion einen neuen Gleichgewichtszustand her, der den nach dem Reiz vorhandenen Bedingungen entspricht. Da die Natur des neuen Gleichgewichtszustandes und die Art und Weise, wie er erreicht wird, nicht nur vom Reiz, sondern auch von der Organisation des Lebewesens, auch von den Außenumständen, abhängt, so können wir keine eindeutigen Beziehungen zwischen Reizgröße und Reaktionsgröße erwarten, was auch durch den beliebten Vergleich von Reizvorgängen mit den Auslösungsprozessen der unbelebten Welt ausgedrückt wird.

Zerlegen wir den Reiz-Reaktionsvorgang in zwei Phasen, nämlich:

1. Reiz — Erregung,
2. Erregung — Endreaktion,

so ist also zunächst ersichtlich, daß solche die quantitative Betrachtung störenden Einflüsse vor allem in der zweiten Phase, der „Reizkette", auftreten werden. So zeigt, um nur ein Beispiel zu nennen, eine häufige Beobachtung, daß Reaktionen, indem sie entstehen, schon Gegenreaktionen hervorrufen — das Bestreben z. B., entstehende Krümmungen auszugleichen, ist eine als „Autotropismus" beschriebene Erscheinung —, die natürlich auf die Größe der Endreaktion einen erheblichen Einfluß haben werden.

Anders ist es mit der ersten Phase, die ja nur die Vorgänge zwischen Reiz und erster durch

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten am 28. Juni 1922 vor der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br.; mit einigen Kürzungen und Erweiterungen.

diesen hervorgerufenen Veränderung im lebenden Mechanismus umfaßt. Hier spielen sekundär auftretende Komplikationen keine Rolle, wir dürfen eindeutige quantitative Beziehungen zwischen Reiz und Erregung erwarten, ja müssen es, wenn es überhaupt einen Sinn haben kann, den Vorgängen des Lebens gegenüber messend zu verfahren[2]). Hier aber erhebt sich die neue Schwierigkeit, daß der Pflanzenphysiologe die Erregung unmittelbar weder nachweisen noch gar messen kann; er braucht vielmehr eine nachweisbare Reaktion aus der zweiten Phase, um überhaupt feststellen zu können, ob eine Erregung eingetreten sei. Experimentell läßt sich die erste Phase von der zweiten nicht trennen.

Wohl aber erlaubt ein indirektes Verfahren gewisse Rückschlüsse.

Ist aus der Größe der Reaktion auch kein unmittelbarer Schluß auf die Größe der Erregung gestattet, so dürfen wir doch, unter gewissen Bedingungen, voraussetzen, daß *gleichen Erregungen gleiche Reaktionen* entsprechen. Der Rückschluß von gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungsgrößen ist natürlich nicht ohne weiteres gestattet, man bedient sich seiner aber mit Erfolg innerhalb solcher Grenzen von Reizgrößen, innerhalb deren man feststellen kann, daß wachsenden Reizgrößen stets wachsende Reaktionsgrößen zugeordnet sind. Kennen wir innerhalb solcher Intervalle auch nicht das Zuordnungsgesetz für beide Werte, so dürfen wir doch innerhalb dieser Grenzen von gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungsgrößen schließen. Diese Bedingungen sind gegeben, und dieses Verfahrens bedient sich die Pflanzenphysiologie dort, wo von sogenannten *Reizschwellenwerten* die Rede ist.

Reizschwellenwerte sind diejenigen kleinsten Reizmengen, die gerade noch imstande sind, eine eben merkliche Reaktion in einem gegebenen Organismus hervorzurufen. Handelt es sich beispielsweise um Lichtreizung bei Pflanzen, so ist ein phototropischer Reizschwellenwert diejenige Lichtmenge, deren Zuführung gerade genügt, um bei einem bestimmten Versuchsobjekt phototropische Krümmungen zu erzielen. Hat man eine bestimmte Lichtmenge benutzt, die etwa 50 % der Versuchspflanzen zu eben merklichen Krümmungen veranlaßt, so läßt sich leicht zeigen, daß bei wenig vergrößerter Reizmenge Prozentzahl und Größe der individuellen Reaktionen zunehmen, während sie im umgekehrten Fall abnehmen. Es zeigt sich weiter, daß bei Versuchsmaterial gleicher Art, Herkunft und Vorbehandlung, solche Reizschwellenwerte sehr konstant und genau bestimmbar sind. *von Guttenberg* (8) bestimmte so die kleinste Lichtmenge, die 100 % der benutzten Haferkeimlinge zu einer eben noch wahrnehmbaren Reaktion veranlaßte, als 3,8 Meterkerzensekunden.

Eine Reihe ausführlicher solcher Reizschwellenbestimmungen erlaubte nun die Aufstellung einer als „Reizmengengesetz" bezeichneten Gleichung.

$$J\,T = K,$$

d. h. das Produkt aus Intensität (J) des Reizes und der Einwirkungsdauer (T) ist konstant (K).

Die Gültigkeit dieses Gesetzes wurde hauptsächlich für Lichtreizung (Phototropismus) und Schwerereizung (Geotropismus), und zwar zuerst von *Fröschel* (7), *Blaauw* (1) und *Rutten-Pekelharing* (16) nachgewiesen. Zu seiner Prüfung wurden zwei Wege beschritten.

1. *Die Präsentationszeitmethode:* Hier wird für verschiedene Reizintensitäten die geringste Einwirkungsdauer festgestellt, die noch zu einer Reaktion führt. $J\,T$ ergibt stets den gleichen Wert.

2. *Die Kompensationsmethode:* Das Versuchsobjekt wird zwei antagonistisch wirkenden Reizen unterworfen. Stimmen die beiderseits entgegenwirkenden Reizmengen nach dem Reizmengengesetz überein, so tritt vollkommene Kompensation (Reaktionslosigkeit) ein, während geringe Differenzen deutliche Reaktionsausschläge ergeben[3]).

Für den Phototropismus ist die Art der Anwendung beider Methoden ohne weiteres verständlich. Um aber die *Massenwirkung*, die das Zustandekommen der *geotropischen* Krümmungen herbeiführt, der *Intensität* nach variieren zu können, ersetzt man die Erdanziehung durch die Fliehkraft der Zentrifuge. Will man die *Richtung* der Schwerkraftreizung variieren, so kann man, neben der leicht auszuführenden Präsentationszeitmethode auch den Kompensationsweg beschreiten, indem man am Klinostaten — einem Uhrwerk, das die Pflanzen langsam um die horizontale, vertikale oder geneigte Achse rotiert — die Pflanzen nacheinander abwechselnd verschiedenen Lagen zur Erdoberfläche aussetzt. Besonders gelingt dies, wie *Fitting* (6) zeigte, wenn statt des kontinuierlich rotierenden der intermittierende Klinostat zur Verwendung kommt, der die Pflanzen in wenigen miteinander zu vergleichenden Reizlagen während bestimmter modifizierbarer Reizzeiten festhält.

Mit den genannten Methoden ließen sich einige Varianten des Reizmengengesetzes als gültig erweisen. So gilt auch in der Botanik das

[2]) Wir müssen nicht notwendig die allererste durch den Reiz hervorgebrachte Veränderung als Erregung bezeichnen. Sieht man z. B. den Beginn einer photochemischen Reizung in der *Beschleunigung* einer Reaktion, so wird es mit *Pütter* (13) zweckmäßig sein, den Zustand der Erregung erst in einer daraus folgenden *Konzentrationsänderung* bestimmter Stoffe zu erblicken. (S. unten.)

[3]) Von diesen beiden Methoden schließt nur die erste von zwei gleichen Reaktionen auf gleiche Erregungen; die zweite bringt beide Reizwirkungen direkt zum Ausgleich. Dabei läßt sich nicht ohne weiteres bestimmen, ob hier die Erregungen oder die von ihnen herbeigeführten weiteren Reaktionen einander aufheben. Diese Frage ist hier nicht von Belang, muß aber bei der Prüfung des Weber-Fechnerschen Gesetzes beachtet werden.

Talbotsche Gesetz in der Form, daß der Reizschwellenwert derselbe bleibt, wenn die Reizmenge nicht in *einer* Dauerreizung, sondern durch intermittierende Zuführung von Teilreizen appliziert wird. Hier ist nur dafür zu sorgen, daß die Intervalle zwischen den Teilreizungen nicht eine gewisse, von der Dauer der Teilreize abhängige Dauer (Relaxationszeit) überschreiten, weil sonst die zugeführten Teilreize ganz oder teilweise „abklingen".

Nicht auf die Dauer, sondern die Intensität der Reizung bezieht sich das *„Sinusgesetz"*. Wird die Reizlage so gewählt, daß der Reiz senkrecht zur Ruhelage des Organs einwirkt, so ist die Wirkung am größten (Sinus des Reizeinfallswinkels = 1). *Die Intensität des Reizes nimmt ab mit dem Sinus des Einfallswinkels.*

Wirken zwei oder mehrere Reize auf ein pflanzliches Organ in verschiedenen Richtungen ein, so gilt offenbar ganz allgemein das *Resultantengesetz;* d. h. es tritt die Reaktion ein, die nach dem Parallelogramm der Kräfte aus Größe und Richtung der Einzelreize zu erwarten ist. Dieses Gesetz, schon lange vermutet, wurde durch Arbeiten von *Hagem* (9), *Buder* (4) und *Stark* (18) auf eine quantitative Grundlage gestellt.

von Guttenberg (8) schließlich hat neuerdings gezeigt[4]), daß für den Phototropismus die Größe der beleuchteten Flächeneinheit als dritter Faktor neben Intensität und Bestrahlungsdauer in die Grundgleichung eingeführt werden muß, daß also, wenn man die Hälfte der Vorderseite z. B. eines Haferkeimlings belichtet, die Reizschwelle erst nach doppelt so langer Belichtungsdauer erreicht wird, als bei gleicher Lichtintensität und voller Belichtung. Aus seiner Untersuchung geht hervor, daß räumlich getrennt applizierte unterschwellige Teilreize genau so summierbar sind, wie die zeitlich getrennten der intermittierenden Reizung.

Wir können aus den angeführten Versuchen zweierlei entnehmen. Einmal läßt sich das Produkt $J\,T$ konstant setzen für solche Reizmengen, die dem Schwellenwert entsprechen, und zweitens erwies sich dasselbe Reizmengengesetz auch für kleinere Reizmengen als gültig, die einzeln unterschwellig, erst durch Summation zur Wirkung gelangten. Was sich hier addierte, waren die unterschwelligen Erregungen, und da ihr Gesamtbetrag sich dem Reizmengengesetz einfügte, so können wir ihre Größe als mit der zugeführten Reizmenge direkt proportional betrachten.

Diese einfache Beziehung zwischen Reiz und Erregung gilt nun aber nur innerhalb bestimmter Grenzen von Reizmengenwerten. Werden die Reizmengenschwellen beträchtlich überschritten, so wächst die Erregungshöhe nicht mehr direkt proportional mit der Reizmenge, sondern langsamer, wie wir es etwa nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz erwarten würden.

[4]) Vgl. auch das Referat in dieser Zeitschrift 1923, S. 183.

Unsere Betrachtungen bezogen sich zunächst auf diejenigen Reizmengen, die *vorher ungereizte* Pflanzen zur Schwellenreaktion veranlassen (Nullschwelle). Man kann aber auch die Versuchspflanzen einer allseitig gleichen (diffusen) oder sonst irgendwie antagonistischen Reizung aussetzen, bei der keine einseitige Reaktion erfolgen kann, und nun durch Zufügung eines einseitig wirkenden Reizes eine Schwellenreaktion hervorrufen. Unter geeigneten Bedingungen hervorgerufen, unterscheidet sich eine solche *Unterschiedsschwellenreaktion* in nichts von einer Nullschwellenreaktion und wir dürfen in solchen Fällen auch die beiden ihnen vorhergehenden Erregungen gleichsetzen[5]). Solcher Unterschiedsschwellenbestimmungen sind in der Botanik viele unternommen und auf das Weber-Fechnersche Gesetz bezogen worden. Die Methode weicht hier aber erheblich von der in der menschlichen Sinnesphysiologie gebräuchlichen ab (s. Anm. 3), und so wird es uns schon aus diesem Grunde nicht wundernehmen, wenn nicht alle Beobachtungen zugunsten dieses Gesetzes ausgefallen sind. (Näheres hierüber siehe bei *Kniep* (11) und *Stark* (19).] Sehr viele Untersuchungen, so namentlich die zuerst von *Pfeffer* (12) an chemotaktischen Organismen vorgenommenen, stimmten indes mit diesem Gesetz überein und zeigten, daß mit wachsenden diffusen Reizmengen auch die Unterschiedsschwellenwerte für einseitige Reizmengen nicht mehr konstant bleiben, sondern ebenfalls, und zwar im gleichen Maße, zunehmen. Die Erregung wächst also jetzt nicht mehr proportional mit der Reizstärke, sondern langsamer, die Erregbarkeit wird abgestumpft. Besonders deutlich zeigt sich dies Verhalten an Versuchsreihen, die *Stark* (18) mit berührungsempfindlichen (haptotropischen) Keimpflanzen anstellte und wo vor allem für die Reizmengen und nicht, wie sonst häufig, die Reizintensitäten, diese Abstumpfungsregel beleuchtet wurde. In anderen Gebieten der pflanzlichen Reizphysiologie, so besonders beim Phototropismus, wo die positiven Krümmungen mit wachsender Reizmenge in negative übergehen können (Stimmungsänderung), liegen diese Dinge nicht so klar[6]). Aber, daß wachsende Reizmengen auch hier die Erregbarkeit abstumpfen können, ist keine Frage mehr; für viele Reizvorgänge kann somit als gesichert gelten, daß die Erregbarkeit bei kleinen Reizmengen — von ganz geringen Reizintensitäten, die auch bei längster Versuchsdauer unterschwellig bleiben, abgesehen — etwa proportional mit der Reizmenge zunimmt, während sie in den Gebieten größerer Reizmengen langsamer — etwa im Grade des Weber-Fechnerschen Ausdrucks — mit diesen ansteigt.

[5]) Der Einwand, daß die allseitige Reizung etwa die Reaktionsfähigkeit herabsetzt, so daß nunmehr eine größere Erregung zur Erzielung der Schwellenreaktion erforderlich würde, läßt sich experimentell ausschließen. Vgl. *Kniep* (10) S. 260.

[6]) Doch vgl. auch hierzu *Pütter* V und VI (13).

Pütter (13) hat nun, ausgehend von Überlegungen über die photochemische Reizung der Sinneszellen der menschlichen Netzhaut, gezeigt, daß man mit einer aus naheliegenden Vorstellungen ableitbaren Formel Werte für die jeweilige Erregungshöhe errechnen kann (s. Anm. 2), die mit den bestbeobachteten Schwellenwertbestimmungen der menschlichen Sinnesphysiologie gut übereinstimmen. Dabei wurde angenommen, daß die Erregung in einer Erzeugung bzw. Vermehrung gewisser Reizstoffe besteht und daß die Höhe der Erregung mit der Konzentration dieser Stoffe proportional steigt. Unter Berücksichtigung der Gesetze der Massenwirkung und der Diffusion lassen sich die jeweiligen Konzentrationen der Reizstoffe als Exponentialfunktionen der Reizintensitäten und der Reizungsdauer auffassen. Fig. 1 zeigt als Abszissen die

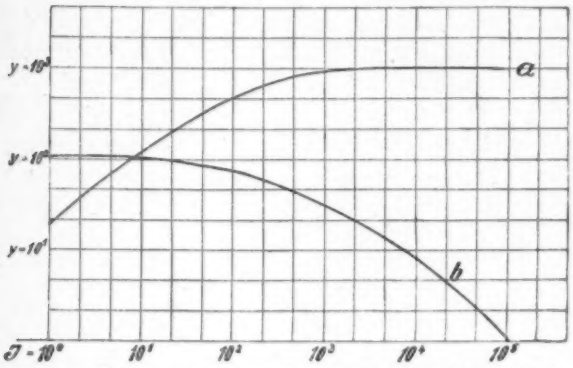


Fig. 1. Zur Abhängigkeit der Konzentration der Reizstoffe von den Reizintensitäten. Aus *Pütter* (13).

Reizintensitäten, als Ordinaten die Konzentrationen der Reizstoffe, beide in logarithmischem Maßstabe aufgetragen; Kurve *a* stellt das Anwachsen der errechneten Erregungen (y) mit wachsenden Reizintensitäten dar, während Kurve *b* die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit (Δy) zum Ausdruck bringt. Wir ersehen daraus das zunächst fast geradlinige Ansteigen der Erregungshöhen mit wachsenden Reizintensitäten, wie es dem Reizmengengesetz entspricht, dann, etwa dem Weber-Fechnerschen Gesetz entsprechend ein Flacherwerden der Kurve, und wir sehen schließlich, nicht mehr diesem Gesetz, wohl aber den Tatsachen entsprechend, daß die Erregungshöhe ein endliches Maximum erreicht, das auch bei den größten Reizungen nicht mehr überschritten wird. Die Zahlenwerte, die dieser Kurve zugrunde liegen, weisen eine gute Übereinstimmung mit vielen Daten aus der Sinnesphysiologie auf. Für in der Pflanzenwelt herrschende Verhältnisse ist vielleicht mit einer ähnlichen Abhängigkeit der Erregungshöhe von der Reizintensität und -dauer zu rechnen. Dann werden das Webersche Gesetz — und dafür sprechen schon eine Reihe von Beobachtungen — und auch das Reizmengengesetz nur eine annähernde Gültigkeit besitzen. Die Abweichungen der Nullschwellenwerte vom Reizmengengesetz dürften allerdings wenig ins Gewicht fallen, solange es sich nicht um ausnahmsweise hohe oder niedrige Intensitäten handelt. Umfassende Feststellungen über diese Frage sind aber dringend erwünscht.

Eine systematische Untersuchung, innerhalb welcher Grenzen das Reizmengengesetz annähernd gültig ist, kann zu entscheidender Bedeutung in der Beurteilung mancher Probleme gelangen. So z. B. in der Prüfung der *Lichtwachstumshypothese*, die von *Blaauw* (2, 3) zur Erklärung der phototropischen Krümmungen aufgestellt wurde. *Blaauw* beobachtete — und gleichzeitig *Vogt* (21) —, daß ebenso, wie einseitige Lichtreize Krümmungen veranlassen, auch allseitige Beleuchtung verdunkelt gewesener Pflanzenteile in denselben Wachstumsreaktionen hervorruft, die sich so äußern, daß Belichtung — oder Vermehrung derselben — bei manchen Pflanzenteilen eine Wachstumsbeschleunigung, bei anderen eine Wachstumsverzögerung herbeiführt. Nach *Blaauw* ist diese Wachstumsreaktion eine Funktion der zugeführten Lichtmenge. Die phototropischen Krümmungen erklären sich sekundär als Folge der Helligkeitsdifferenzen, die den Flanken phototropischer Organe bei einseitiger Beleuchtung zuführt werden, und der damit beiden Flanken induzierten verschiedenen Wachstumsreaktionen. Da, wo das Wachstum durch das Licht beschleunigt wird, wird die hellere, also gewöhnlich die Vorderseite, stärker wachsen und eine Krümmung vom Lichte weg die Folge sein. Im andern Fall wird die beschattete Flanke stärker wachsen und eine positiv phototropische Krümmung herbeiführen. Nach *Blaauw* ist also die Lichtwachstumsreaktion das *Primäre* und aus den verschiedenen Lichtwachstumsreaktionen der ungleich belichteten Flanken *resultiert* erst die Krümmung.

Im einzelnen soll hier nicht auf diese Hypothese eingegangen werden; viele bisher bekannte Tatsachen scheinen sie zu stützen. Negativ phototropische Pflanzenteile zeigen, wie zu erwarten, eine Wachstumsbeschleunigung, positive eine Wachstumsverzögerung beim Beginn der Belichtung; Organe, die sich nicht krümmen, zeigen auch keine Lichtwachstumsreaktion[7]).

Eine scheinbare Ausnahme bildet ein Pilz, Phycomyces, dessen einzellige Fruchtträger positiv phototropisch reagieren und doch bei allseitiger Belichtung eine Wachstumsbeschleunigung aufweisen. Wenn trotzdem bei einseitiger Belichtung die Vorderseite langsamer als die Rückseite wächst,

[7]) Daß die Lichtwachstumsreaktion einen oszillierenden Verlauf nimmt, indem auf eine Hebung der Wachstumsgeschwindigkeit eine Senkung, abermalige Hebung usf. folgen kann, ist für unsere Betrachtung unerheblich.

so muß der Grund für dieses Verhalten in dem Weg gesucht werden, den die Lichtstrahlen innerhalb der einen zylindrischen wasserklaren Zelle zurücklegen, welche den Fruchtkörper des Phycomyces aufbaut. Fig. 2 zeigt den Strahlengang im Innern der Zelle (Querschnitt) nach *Blaauw*. Wir sehen, daß das Licht gesammelt in einem „Brennstreifen" auf die Rückseite der Zelle projiziert wird. Die vermehrte Helligkeit auf dieser Seite soll hier eine stärkere Wachstumsbeschleunigung hervorrufen als an der Vorderseite. *Buder* (5) hat zu zeigen vermocht, daß man den Strahlengang umkehren kann, wenn man den Pilz aus der Luft in ein Medium von sehr starkem Brechungsvermögen, wie flüssiges Paraffin, überbringt. Hier wirkt die Pilzzelle nicht mehr als Sammel-, sondern als Zerstreuungslinse, die größte Helligkeit befindet sich auf der Vorderseite und auch die Reaktion, die der Sporangienträger nun ausführt, ist negativ phototropisch, der Reaktion in Luft also entgegengesetzt. Hierdurch kann man als bewiesen ansehen, daß

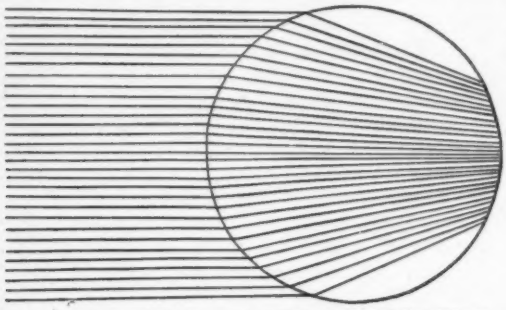


Fig. 2. Zur Erklärung der Tatsache, daß bei Phycomyces bei einseitiger Belichtung die Vorderseite langsamer wächst als die Rückseite. Nach *Blaauw* (2).

es die Helligkeitsdifferenzen auf Vorder- und Rückseite sind, die die Reaktion veranlassen. Die Blaauwsche Ansicht aber, daß diese Helligkeitsdifferenzen nicht eine einheitliche phototrope Reaktion hervorbringen, sondern *unmittelbar* die beiden Seiten zu verschieden starkem Wachstum anregen, woraus dann *sekundär* die Krümmung resultiert, ist damit nicht bewiesen. Würden die Wachstumreaktionen zwei getrennte Lichtreaktionen darstellen — eigentlich müßte man unendlich viele, verschieden reagierende Längsstreifen in Rechnung ziehen, wir vergleichen aber den Gesamtzuwachs des dem Licht zugewandten und des von ihm abgewandten Halbzylinders —, so wäre man zunächst geneigt, anzunehmen, daß für diese Lichtwachstumsreaktionen auch das Reizmengengesetz gilt. Nun muß man aber berücksichtigen, daß dem hellen Streifen in der Mitte der Rückseite auch zwei nahezu unbelichtete Streifen zur Seite stehen, worauf wohl zuerst *Stark* in einem Referat in dieser Zeitschrift (1916, S. 356) hingewiesen hat. Die Lichtmenge auf der Rückseite ist in ihrer Gesamtheit nicht größer, sondern — infolge sehr geringer Absorption im Innern der Zelle — eher etwas kleiner als auf der Vorderseite. Würde die Lichtwachstumsreaktion proportial mit der Lichtmenge ansteigen (oder auch nur proportional mit der Kubikwurzel derselben, wie *Blaauw* (2) dies will), so könnte der Gesamtzuwachs auf der Rückseite keinesfalls größer sein als auf der Vorderseite. Ist die Krümmung also erst das Resultat einer Zuwachsdifferenz beider Halbzylinder, so darf sie unter diesen Voraussetzungen nicht auftreten. *Blaauw* (3, S. 117) meint allerdings, an der Erreichung der Krümmung seien die wachsenden Teile der Zellwand um so mehr beteiligt, je näher sie der Mitte der Vorder- und Hinterwand liegen; indes einer genauen Betrachtung der Krümmungsmechanik solcher Zellen kann diese Überlegung nicht standhalten. Wäre sie aber berechtigt, ließen sich Reizmengengesetz für die Lichtwachstumsreaktion und Eintritt der phototropischen Krümmung im Blaauwschen Sinne vereinigen, so müßten wir weiterhin folgern, daß das Reizmengengesetz *nur* für die Lichtwachstumsreaktion, nicht aber für die daraus folgende Krümmung seine Gültigkeit behalte. Für diese hätten wir ja nach wie vor den Fall, daß Vorder- und Rückseite *getrennt* der Menge nach gleiche Lichtreizungen aufnähmen, daß diese Mengen aber sich nicht kompensierten. Im Fall Phycomyces können somit die Lichtwachstumshypothese und das Reizmengengesetz nicht vereinigt werden. — Ganz anders läge die Sache natürlich, wenn die in der Phycomyceszelle entstehenden Helligkeitsdifferenzen zu einer *einheitlichen* Krümmungsreaktion führen würden. Bis jetzt fehlt es noch an exakten Unterlagen zur Klärung dieser Fragen; wir erkennen aus dem genannten Beispiel, wie wünschenswert genaue Daten über das Verhältnis von Reizmenge und Erregung hier sind.

Solche Ermittlungen müssen besonders vorsichtig angestellt werden, denn es gibt auch *scheinbare* Abweichungen vom Reizmengengesetz, welche durch sekundäre Faktoren, die die Erregung oder Reaktion beeinflussen können, hervorgerufen werden.

So zeigen z. B. Untersuchungen von *M. M. Riß* (15) an Lupinenwurzeln, daß Schwerewirkungen, die parallel zur Längsachse des gereizten Organs angreifen, hemmend einwirken können auf die Ausführung geotropischer Reaktionen. Einseitige Schwerereizungen müssen, sollen sie eine Schwellenreaktion erzeugen, in größerer Reizmenge zugeführt werden bei Gegenwart solcher zugleich einwirkenden Längsreizung als ohne diese. Diese Hemmungswirkung wird nun auch durch die längsverlaufende Komponente eines schräg einwirkenden (Einfallswinkel $= \alpha$) Schwerkraftreizes ausgeübt. Zerlegen wir einen solchen Reiz nach dem Parallelogramm der Kräfte in eine senkrecht zum Organ angreifende Komponente (welche für die Erdanziehung $g = g \sin \alpha$ wird) und eine parallel der Organachse verlaufende Längskomponente ($g \cos \alpha$), so wird also die

letztere nicht wirkungslos verbleiben, sondern durch ihre Hemmungswirkung den Erfolg der ersteren beeinträchtigen. Daraus resultiert eine, wenn auch geringe Abweichung von den nach dem Sinusgesetz zu erwartenden Werten.

Ein anderes Beispiel für solche Komplikationen, auch wieder bezüglich des Sinusgesetzes, liefern uns die plagiogeotropischen Pflanzenteile. Bisher war die Rede von sogenannten parallelotropen oder orthotropen Organen, die danach streben, ihre Achse parallel zur Einfallsrichtung eines Licht- oder Schwerereizes zu stellen. Organe, deren Ruhelage indessen einen Winkel mit der Richtung eines solchen Reizes bildet, nennt man plagiogeotrop bzw. plagiophototrop.

Beispiele für den Plagiogeotropismus stellen besonders Seitenorgane dar, wie Nebenwurzeln, viele Blatt- und Blütenstiele, und Seitenzweige, die sich unter alleiniger Wirkung der Schwerkraft in einer zu deren Richtung geneigten Ruhelage einstellen. Häufig ist der Winkel dieser Ruhelage mit dem Erdradius recht konstant, was z. B. an den Seitenzweigen der Araucarien und anderer Nadelhölzer auffällt, obgleich der Eigenwinkel hier noch durch das Gewicht des Pflanzenteils vergrößert wird. Solche Organe besitzen eine Ober- oder Dorsal- und eine Unter- oder Ventralseite, was sich oft schon im Bau derselben ausdrückt (*dorsiventrale* Organe).

Werden plagiogeotropische, dorsiventrale Pflanzenteile aus ihrer Ruhelage abgelenkt, so zeigen sie ein Verhalten, das von dem parallelotroper Organe stark abweicht. Lenken wir beispielsweise einen solchen Seitenzweig um 90° aus seiner Ruhelage nach oben oder unten ab, so erreichen wir hiermit nicht die optimale Reizlage, wie es dem Sinusgesetz entspräche, und drehen wir ihn in derselben Richtung um 180°, so stellt diese Inverslage keine labile Ruhelage dar, wie es bei orthotropen Pflanzenteilen der Fall sein würde. Während diese in ihrer Inverslage (senkrecht nach unten) keinen geotropischen Reiz aufnehmen und nur durch ihre nie ganz ausbleibenden Wachstumsschwankungen zufällig aus der reizfreien Lage herausgelangen, um sich dann natürlich geotropisch vollständig aufzurichten, reagiert ein solcher Seitenzweig sowohl aus seiner Inverslage (180° um die Ruhelage gedreht) wie auch senkrecht nach unten orientiert, stets mit einer Krümmung, bei der seine frühere Oberseite konvex wird, also mit einer Dorsalkonvexkrümmung. Ein weiterer Unterschied gegenüber parallelotropen Pflanzenteilen zeigt sich am Klinostaten. Um die horizontale Achse desselben langsam[8]) rotiert, würde ein parallelotropes Organ reaktionslos, also ungekrümmt verbleiben, weil die Wirkung der Schwerkraft, die nacheinander auf jede Seite desselben einwirkt, hier zur Aufhebung gelangt. Ein dorsiventraler Seitenzweig reagiert aber auch hier wieder mit Dorsalkonvexkrümmung. Ja, die Vorliebe zur Dorsalkonvexkrümmung geht bei diesen Pflanzenteilen soweit, daß eine solche selbst dann auftritt, wenn der Zweig auf seine ursprünglich rechte oder linke Seitenflanke gelegt wird, so, daß die Dorsal- und Ventralseite nunmehr auf die rechte bzw. linke Seite zu liegen kommen.

Die Analyse eines so komplizierten Verhaltens ist nun besonders durch zweierlei Umstände sehr erschwert worden. Einmal gelingt es hier nicht, wie schon mitgeteilt wurde, am Klinostaten die sonderbaren Dorsalkonvexkrümmungen zu beseitigen. Dann aber läßt es sich mit dem Plagiogeotropismus deshalb nicht leicht experimentieren, weil die Bedingungen seines Auftretens leicht alteriert werden. Plagiogeotropisch sind in der Regel ja nur Seitenorgane, und zwar nur so lange, als sie im Zusammenhang mit ihrer Hauptachse stehen. Benutzen wir Seitenzweige z. B. als Stecklinge, so werden sie alsbald orthogeotrop, und dasselbe ist der Fall, wenn die Hauptachse aus ihrer normalen Lage entfernt und etwa wagerecht gelegt wird. Das sind aber Eingriffe, die der Experimentator kaum vermeiden kann!

Neuerdings (14) ist es nun geglückt, wenigstens der letztgenannten Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen, und zwar mit Hilfe einiger Tradescantiaarten, unserer beliebten Ampelpflanzen. Die Sprosse dieser Pflanzen hängen, wenn sie länger werden, infolge ihres Gewichtes nach unten. Junge und kleine Stecklinge, die ihre eigene Last noch tragen können, stellen sich hingegen aufrecht, doch nehmen sie stets eine zur Schwerkraft geneigte Lage ein, die bei Tradescantia zebrina etwa 10°, bei T. viridis 20° von der Vertikalen abweicht. Solche Sprosse erweisen sich in ihrem Verhalten als typisch plagiogeotropisch, und zwar behalten sie ihren Plagiogeotropismus auch als Stecklinge, von jeder Hauptachse völlig befreit, bei.

Für solche Pflanzen nun ließ sich zeigen, daß auch hier die Abweichung vom Sinusgesetz nur scheinbar ist. Auch hier werden die Schwerkraftreaktionen vom Sinusgesetz beherrscht, aber neben dem Geotropismus und unabhängig von diesem — dagegen von der Beleuchtung beeinflußbar — besitzen die Sprosse eine Eigenschaft, die man seit *de Vries* (20) als *Epinastie* bezeichnet, und die darin besteht, daß die Oberseite ein stärkeres Wachstumsbestreben besitzt als die Unterseite. Würde der Epinastie nicht dauernd der Geotropismus entgegenwirken, so würde sie zu einer dorsalkonvexen Einrollung der Sprosse führen und dies ist tatsächlich der Fall, wenn am Klinostaten, bei Rotation um die horizontale Achse, die einseitigen Schwerewirkungen aufgehoben werden. Im selben Sinne sind die Dorsalkonvexkrümmungen, die in der Flankenstellung erfolgen, zu deuten. Auch die Lagen +90° und −90° (s. Fig. 3) sind geotropisch reizfrei, wie bei orthotropen Organen. In diesen Lagen entfaltet sich die Epinastie ungehindert, sie führt zu Dorsalkonvexkrümmungen.

[8]) Die bei *schneller* Rotation auftretenden Centrifugalkräfte induzieren geotropische Reaktionen.

denen erst der entgegenwirkende Geotropismus Halt gebietet. So ist die normale Ruhelage eine Gleichgewichtslage, die durch das Gegeneinanderwirken dieser beiden Krümmungsimpulse hergestellt wird. Nennen wir den Winkel, den die Ruhelage mit der Vertikalen bildet, ε, so ist die Größe der Epinastie $E = G \sin \varepsilon$ (G = Wirkung der Schwerkraft auf den wagerecht liegenden Sproß). Fig. 3 stellt schematisch einige Lagen solcher Sprosse dar, wenn sie nach oben oder unten aus ihrer Ruhelage herausgedreht werden. Die Ventralseite der Sprosse ist durch eine verstärkte Kontur angedeutet. Wir sehen, daß in allen Lagen die Epinastie (E) im Sinne einer Konvexkrümmung der Dorsalseite einwirkt. In der linken

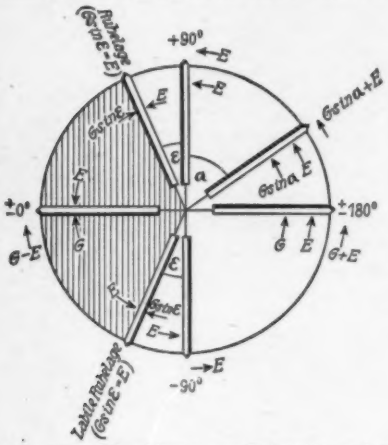


Fig. 3. Zur Einwirkung von Epinastie und Geotropismus. Aus *Rawitscher* (14).

Hälfte des Schemas wirkt sie dem — von dem Sinusgesetz beherrschten — Geotropismus entgegen, in der rechten Hälfte wirkt sie gleichsinnig mit ihm und verstärkt ihn. Wir sehen, daß auch hier eine labile Ruhelage besteht, die der stabilen spiegelbildlich gegenüber liegt und gleich ihr eine Gleichgewichtslage aus E und $G \sin \varepsilon$ darstellt. Nur in dem schraffierten Teile des Schemas können dorsal*konkave* Krümmungen auftreten, in dem weiß gehaltenen Teil gibt es nur dorsal*konvexe* Krümmungen, in dem rechts befindlichen Halbkreis, weil Geotropismus und Epinastie beide in diesem Sinne wirken, in dem Sektor zwischen Ruhelage und + 90° (bzw. — 90°), weil hier die Epinastie den gegensinnig wirkenden Geotropismus überwiegt.

Hier haben wir an einem einfachen Beispiel gesehen, wie in einem Pflanzenorgan verschiedene Einflüsse zusammen- und einander entgegenwirken können. Die Einflüsse in der freien Natur, die über die Reaktionen, die Wuchsform und die ganze Lebensweise der Pflanzen zu entscheiden haben, sind meist sehr zusammengesetzter Natur. Ihr Verständnis wird im selben Maße zunehmen, in dem es dem Experimentator gelingt, die Einzeleinflüsse gesondert einer qualitativen und quantitativen Analyse zu unterziehen.

Literaturverzeichnis.

1. *Blaauw, A. H.*, Die Perception des Lichtes. Rec. trav. bot. Néerlandais 1915, *12*.
2. — Licht und Wachstum I, II. Zeitschr. f. Bot. 1914, *6*, 1915, *7*.
3. — Licht und Wachstum III. (Die Erklärung des Phototropismus) Mededeelingen van de Landbawhoogeschool 1918, *15*.
4. *Buder, J.*, Zur Kenntnis der phototaktischen Richtungsbewegungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1918, *58*.
5. — Die Inversion des Phototropismus bei Phykomyces. Ber. d. d. bot. Ges. 1918, *36*.
6. *Fitting, H.*, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I. II. Jahrb. f. wiss. Bot. 1905, *41*.
7. *Fröschel, P.*, Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit, I. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 1908, *117*, Abt. I.
8. *von Guttenberg, H.*, Studien über den Phototropismus der Pflanzen. Beitr. z. Allg. Bot. 1922, *2*.
9. *Hagem, O.*, Über die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. Bergens Museums Aarbook 1911, *3*.
10. *Kniep, H.*, Untersuchungen über Chemotaxis von Bakterien. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906, *43*.
11. — Botanische Analogien zur Psychophysik. Fortschr. d. Psychol. u. ihr. Anwend. 1916, *4*.
12. *Pfeffer, W.*, Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Unters. a. d. bot. Inst. Tüb. I, 1881/85.
13. *Pütter, A.*, Studien zur Theorie der Reizvorgänge I—IV, V, VI. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie 1918/19, *171*, *175*, *176*.
14. *Rawitscher, F.*, Epinastie und Geotropismus. Zeitschr. f. Bot. 1923, *15*.
15. *Riß, M. M.*, Über den Einfluß allseitig und in der Längsrichtung wirkender Schwerkraft auf Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1913, *53*.
16. *Rutten-Pekelharing, C. J.*, Untersuchungen über die Perception des Schwerereizes. Rec. d. trav. bot. néerland. 1910, *7*.
17. *Stark, P.*, Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei den haptotropischen Reaktionen von Koleoptilen und Keimstengeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1919, *58*.
18. — Das Resultantengesetz beim Haptotropismus. Ebenda 1919, *58*.
19. — Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie. Zeitschr. f. Allgem. Physiologie 1919, *18*.
20. *Vries, H. de*, Über einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzenteile. Arb. d. bot. Inst. Würzburg 1872, *1*.
21. *Vogt, E.*, Über den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von Avena sativa. Zeitschr. f. Bot. 1915, *7*.

Besprechungen.

Younghusband, Francis, Das Herz der Natur. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1923. 234 S.

Der bekannte englische Offizier und Forschungsreisende offenbart sich in diesem Werk als ein feinsinniger Beobachter der Natur, der mit begeisterten und begeisternden Worten zu zeigen bestrebt ist, wie man die Befähigung, immer tiefer in das Herz der Natur zu schauen, entwickeln kann, und ein wie reicher Lohn

jedem empfänglichen Gemüt durch das Verständnis für die Schönheit der Landschaft und ihrer Lebewelt zuteil wird. Er gibt uns meisterhafte Schilderungen aus den Himalayabezirken Sikkim und Kaschmir, beschreibt die Formen- und Farbenpracht des Waldes sowie dessen Bewohner, den Hochgipfel des Kantschindschanga und andere von ihm durchforschte Gebiete Zentralasiens. Überall stellt er in den Mittelpunkt seiner Betrachtung die Schönheit der Natur, die er als vollwertigen Bestandteil jeder geographischen Beschreibung anerkannt wissen will. Eine Ansprache als Präsident der Royal Geographical Society zu London gibt ihm dazu willkommene Gelegenheit. Er verlangt eine tiefere und breitere Erfassung der Geographie als bisher üblich. Die Geographen sollten die Erde weniger vom materiellen und mehr vom geistigen Gesichtspunkt aus betrachten. Er erläutert diese Forderung an einem bestimmten Beispiel, indem er erzählt, wie ihm als oberstem Verwaltungschef von ganz Kaschmir alles topographische, kartographische, geologische, mineralogische, botanische, forstwirtschaftliche, siedlungs- und wirtschaftsgeographische Material zufloß, und wie ihm trotzdem der allerwichtigste Bestandteil seiner geographischen Kenntnis des Landes fremd geblieben wäre, wenn er nicht die Schönheit der Oberflächenformen und deren Einfluß auf den Menschen erkannt hätte. Die Schönheit ist nach ihm der wertvollste Charakterzug in der Gestalt der Erde. Die Aufgabe der Geographie sei deshalb dahin auszudehnen, auch die Kenntnis dieser Schönheit in ihren Rahmen aufzunehmen. Wir dürften uns nicht mit den üblichen Photographien, und seien es die allertrefflichsten, begnügen. Wir brauchten Bilder, gemalt mit Worten oder mit dem Pinsel. Charakteristisch ist die Äußerung des Verfassers über die Hochgebirgsphotographien, die Vittorio Sella, ein echter Künstler mit angeborenem Gefühl für die Bergwelt, auf der Expedition des Herzogs der Abruzzen zum zweithöchsten Berg der Erde angefertigt hatte. Trotzdem Younghusband anerkennt, daß diese prächtigen Photographien die besten sind, die hergestellt werden können, ruft er aus: „Ich möchte fast weinen bei dem Gedanken, wie wenig sie uns von dem wahren Wesen der großen Berge vermitteln." Er schließt mit dem Wunsche, die Geographie möge es dahin bringen, daß die Schulkinder sie lieben. Nichts Geringeres als die Gewinnung des Knabenherzens sollte das Ziel sein, dem sie zuzustreben hätte. *O. Baschin, Berlin.*

Behrmann, W., Im Stromgebiet des Sepik. Eine deutsche Forschungsreise in Neuguinea. Berlin, August Scherl, 1922. 359 S., 101 Abb. und 1 Karte.

Der Verfasser nahm als Geograph an der vom Reichskolonialamt veranstalteten Expedition nach Deutsch-Neuguinea teil. Seine wissenschaftlichen Ergebnisse hat er in den Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten und anderen wissenschaftlichen Zeitschriften, zuletzt auch in einer großen, dreiblättrigen Karte niedergelegt, die in kurzem als Festschrift anläßlich des 95jährigen Bestehens der Berliner Gesellschaft für Erdkunde erscheinen wird. In dem vorliegenden Buche setzt er sich ein anderes Ziel. Er will weiteren Kreisen ein plastisch lebendiges Bild dieses entfernten und wenig bekannten, uns in der Erinnerung teuren Winkels der Erde geben, in dem die geographischen Aufgaben und ihre Lösung nur den Rahmen bilden: Wir begrüßen ein solches Werk um so mehr, als es das ganz ähnliche ergänzt, das uns vor wenigen Jahren der letzte Verteidiger der deutschen Flagge in der Südsee geschenkt hat, der tapfere Hauptmann Detzner. Führte dieser uns auf einsamen Pfaden kreuz und quer durch den östlichen Teil der Kolonie, so dringen wir mit Behrmann auf dem natürlichen Wege des Sepikflusses in den westlichen und, den Nebenflüssen folgend, auch tief in sein gebirgiges Inneres ein, — Korallenküste, Stromufer, sumpfige Niederung, scharfgratige Gebirgsketten, mit tropischem, in den Höhenregionen nebelumhülltem, vor Nässe triefendem Urwald, geben die Szenerie ab, die Behrmanns Feder mit einem nicht jedem gegebenen Geschick zu meistern versteht. Bei der Schilderung eines Atolls beispielsweise empfindet man förmlich die ermüdende Wirkung der trägen See und der Sonnenglast wie die erfrischende der in stiller grüner Wasserfläche sich spiegelnden Palmensilhouetten. Höchst anziehend sind die Berichte über die eingeborene Bevölkerung, die im Innern auf steinzeitlicher Kulturstufe steht, die zum erstenmal dem Weißen begegnete und von ihm mit Metall, Glas und anderen Dingen bekannt gemacht wurde, noch dem Kannibalismus huldigte. Forscherfreuden und -leiden, Mühseligkeiten und Abenteuer enthalten vor allem die Kapitel „Der große Vorstoß" — zur zentralen Wasserheide — und „Der Überfall". — Alles in allem, eine Reise in eines der ganz vereinzelten letzten Gebiete der Erde, wo es noch große geographische Fragen zu lösen gibt, und vielleicht das letzte Land, das der Europäer noch nicht seines ursprünglichen Zaubers beraubt hat. Ein Einwand indessen erscheint am Platze; er gilt dem Titel „Im Stromgebiet des Sepik". Stromgebiet klingt zu einseitig fachmännisch und besagt weniger, als das Buch bietet. Sepik aber ist ein unbekannter Strom, dessen Bekanntschaft das Buch ja erst vermitteln soll. „Bei den Steinzeitkannibalen Papuas" würde ich als dem Inhalt vollkommener gerecht werdend für die weiteren Auflagen empfehlen.

B. Brandt, Berlin.

Stechow, E., Beiträge zur Natur- und Kulturgeschichte Littauens und angrenzender Gebiete. Einleitung von *E. Stechow*, S. 1—7, sodann: **Sachtleben, H., Vögel,** S. 7—232. Mit 1 Tafel. 23 × 30 cm. (Abhandlungen der math.-phys. Klasse der Bayer. Ak. d. Wiss., München 1922.)

Was wohl *A. E. Brehm* zu solchen Büchern sagen würde? Ob er auch heute noch über *Balg*ornithologen schelten möchte? Das lag ja dem sinne- und lebensfrohen trotz seines immer neue Arten fabrizierenden Vaters gar so nahe. Und ich gestehe, daß ich in jungen Tagen nur zu bereit war, solchen Vorwürfen beizupflichten, bis ich selber einsah, wie vielseitig unsere ornithologische Wissenschaft sei und wie verdammenswert die Schwäche, um eigener Neigungen willen über fremdes Streben abzuurteilen. Durch Arbeiten wie die eines *Gengler* über Emberiza citrinella und *Kleinschmidts* ebenso ungeformtes wie gedankenreiches Lebenswerk Berajah hatte ich mittlerweile vor der „anderen Waffe" des Ornithologenheeres gehörigen Respekt bekommen. Solchen Respekt verdient auch *Sachtlebens* Buch, das uns Ostdeutsche besonders angeht und eine wesentliche Ergänzung zu *Tischlers* gründlicher Ornis Ostpreußens bildet. Der Zoogeograph findet hier reichlichen Stoff zu weiterer Verarbeitung. Die Fachgenossen, die sich für die geographische Variation der Paridae interessieren, kämen besonders auf ihre Rechnung. Hinsichtlich mancher Arten, die man in diesem weit nach NO gerückten Gebiet besonders erwarten sollte (ich erinnere nur an die Rotdrossel [Turdus musicus L.]), findet man dagegen wieder herzlich wenig. Die geringe Variationsbreite mancher Arten, die für Neulinge in dem Gebiet gelten müssen, erinnert uns wieder daran, daß auch zum Abändern

vor allem Zeit gehören dürfte. Schade, daß die hübsche Kleibertafel unter dem Druck der ärmlichen Zeit die einzige bleiben mußte.

Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Jessen, Otto, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1922. 181 S. und 29 Abbildungen. 16 × 25 cm.

Die holländische und deutsche Nordseeküste ist in steter Veränderung begriffen, die vor der Küste lagernden Sande wandern, neues Land wird gewonnen und anderes wird nur durch den hohen Stand der Wasserbaukunst davor bewahrt, wieder vom Meere überflutet zu werden. Außer den katastrophal wirkenden Sturmfluten sind auch stetig wirkende Kräfte vorhanden, welche die Küste verändern. Hiervon zeugt die langsame Umgestaltung der Inseln, welche der Küste vorgelagert sind, sowie die stete Verlagerung der Sandbänke sowie endlich, und hiervon handelt die vorliegende vortreffliche Arbeit von *Jessen*, die Veränderung, welche der Unterlauf der in die Nordsee mündenden Flüsse in historischer Zeit erfahren hat. Aus einer eingehenden sowohl auf geologischen wie historischen Betrachtungen gestützten Untersuchung des Unterlaufes der Schelde, der Maas, des Rheins, der Hunse, Ems, Jade, Weser, Elbe und Eider leitet *Jessen* den Satz ab, daß die Mündungen von sämtlichen größeren festländischen Nordseezuflüssen und auch die Gezeitentiefs in jungalluvialer Zeit innerhalb des alluvialen Marsch- und Wattengürtels nach links verlegt worden sind. Es liegt die allgemeine Erscheinung vor, daß die Verschiebung der Ufer nicht langsam erfolgte, sondern sprungweise, indem vom Hauptflusse links abzweigende Nebenarme, die entweder schon vorhanden waren oder bei Sturmfluten neugebildet wurden, zum Hauptarm umgestaltet wurden. Bei den meisten Flüssen erfolgte diese Stromverlegung in mehreren Phasen, bei einigen (Elbe und Eider) war sie nur ein einmaliger Vorgang.

Die Ursache dieser Veränderungen ist in der langsamen Änderung der Gezeitenerscheinung infolge fortgesetzter Senkung des Nordseebeckens und seiner südlichen Umrandung nach der Eiszeit zu sehen. Zunächst, als der Kanal noch nicht bestand, hatten die Gezeiten nur von Norden her Zutritt zum Nordseebecken. Nach Entstehung der zweiten Verbindung der Nordsee mit dem Ozean durch den Kanal änderte die Kanalwelle den bestehenden Gezeitencharakter durchaus. Es trat nun nicht mehr Hoch- und Niedrigwasser an der ganzen südlichen Nordseeküste annähernd gleichzeitig ein, sondern es bildete sich langsam der heutige Zustand heraus, daß mit Annäherung an den Kanal Hoch- und Niedrigwasser früher eintreten. Durch diese Änderung mußte also in dem links vom Hauptarm gelegenen Nebenarm der Flüsse Flut bzw. Ebbe früher einsetzen als im Hauptarm, wodurch allmählich eine Vertiefung und Verbreiterung eintrat und schließlich der Nebenarm zum Hauptarm wurde. In gleichem Sinne erfolgten die Änderungen im Verlaufe der Prielsysteme und Wattenflächen.

Außer dem genannten wichtigen Satz von allgemeiner Bedeutung enthält die Arbeit von *Jessen* noch eine Reihe von bemerkenswerten Ergebnissen über die Beurteilung der Erosionskraft der Gezeitenströme, die Entstehung der Trichtermündungen an Gezeitenküsten, den Einfluß der Erdrotation auf die Änderung der Flußmündungen usw.

Die Arbeit von *Jessen* ist eine bemerkenswerte Erscheinung in der die Nordseeküste behandelnden Literatur.

Bruno Schulz, Hamburg.

Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Sammlung: Die Wissenschaft Bd. *66*. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., 1922. VIII, 144 S., mit 44 Abbildungen. 13 × 21 cm.

Schon die Tatsache, daß von dem Wegenerschen Buche in kurzer Zeit die dritte Auflage erforderlich wurde, zeigt, wie groß das Interesse ist, das der von *Wegener* vertretenen Verschiebungstheorie entgegengebracht wird (eine ausführliche Behandlung der Verschiebungstheorie ist in dieser Zeitschrift 1921, S. 241 bis 250, gegeben). In zahlreichen wissenschaftlichen Gesellschaften ist sie im Laufe der letzten Jahre diskutiert worden. In dieser Beziehung dürfte wohl der im Schoße der Gesellschaft für Erdkunde veranstaltete Vortragsabend den Höhepunkt darstellen. Auf diesem äußerten sich *Franz Koßmat, A. Penck, W. Penck, W. Schweydar* ausführlich zu den Wegenerschen Ideen. — Neben mancher Ablehnung hat die Verschiebungstheorie von verschiedenen Seiten teilweise oder volle Zustimmung gefunden. Jedenfalls hat sie seit Erscheinen der vorigen Auflage erheblich an Boden gewonnen und wird immer mehr als Arbeitshypothese benutzt.

Ihr neue Anhänger zu gewinnen, wird die nun vorliegende dritte Auflage voraussichtlich in starkem Maße beitragen. Der Inhalt der Theorie ist naturgemäß der gleiche geblieben, aber die Darstellung hat an Straffheit, Klarheit und Überzeugungskraft wesentlich gewonnen. Der Inhalt ist jetzt systematischer als früher gegliedert. Vorangestellt ist der bislang über das ganze Buch verstreute „Inhalt der Verschiebungstheorie". Hieran schließt sich der umfangreiche zweite Teil, die „Beweisführung", in dem in einzelnen gesonderten Kapiteln die der Geophysik, Geologie, Paläontologie und Biologie, Paläoklimatologie sowie der Geodäsie angehörigen Argumente behandelt sind. Wie früher handelt es sich nicht um exakte Beweise, sondern um Argumente, die jedes für sich einen erheblichen Grad von Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Theorie liefern. Je überzeugender diese Fülle von Einzelargumenten wirkt, um so mehr muß man wünschen, daß energische Schritte getan werden, um die Tatsache der heute noch stattfindenden Verschiebung der Kontinente durch geodätische Messungen nachzuweisen. Die vorübergehend als exakter Beweis angesehenen Messungen über die Vergrößerung des Abstandes zwischen Europa und Grönland halten der Kritik leider noch nicht stand.

In einem dritten Abschnitte: Erläuterungen und Schlußfolgerungen werden Betrachtungen über die Natur des Sima und Sial, der Falten, Erscheinungen am Kontinentalrand vom Standpunkte der Verschiebungstheorie angestellt und die bisher gewonnenen Ansichten über die Kräfte, welche die Verschiebungen bewirken, geäußert.

Bruno Schulz, Hamburg.

Suckow, Fr., Die Landmessung. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1919. 116 S. und 69 Abbildungen.

Lüscher, H., Photogrammetrie. Ebenda, 1920. 128 S. und 78 Abbildungen.

Hegemann, E., Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Ebenda, 1919. 127 S. und 11 Abbildungen.

Groll, M., Kartenkunde. Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter & Co., 1922. 116 S. und 56 Abbildungen.

Wolff, H., Karte und Krokl. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1917. 57 S. und 47 Abbildungen.

Egerer, A., Kartenkunde. Ebenda, 1920. 146 S. und 49 Abbildungen.

Die höhere Geodäsie beschäftigt sich mit der Erdmessung und hat vorzugsweise wissenschaftlichen Wert, während die niedere Geodäsie sich auf beschränkte Gebiete erstreckt und mehr praktischen Zwecken dient. Einen guten Überblick über den letzteren Zweig der Vermessungskunde, Instrumente, Aufnahmemethoden und Berechnungsarten bringt die Arbeit von *Friedrich Suckow* „Die Landmessung" (Aus Natur und Geisteswelt, *608*. Band). Das Werk gibt eine Einführung, die es dem Laien und jüngeren Fachmann ermöglicht, sich über das Gebiet zu unterrichten, erhebt aber nicht den Anspruch, ein vollständiges Handbuch für den ausübenden Landmesser zu sein. — Die photographischen Methoden haben schnell Eingang in das Vermessungswesen gefunden, sowohl als einfache Bildmessung (Photogrammetrie), wie als Raumbildmessung (Stereophotogrammetrie) und Luftbildmessung (Luftphotogrammetrie). Namentlich die letztere hat durch die praktischen Bedürfnisse des Weltkrieges einen raschen Aufschwung erfahren, da die Auswertung der Luftbilder bei der Ergänzung des Kartenbildes und der Ausfüllung von Lücken in der terrestrischen Aufnahme wertvolle Dienste leistet. *H. Lüscher* gibt eine kurz gefaßte Übersicht über dieses Gebiet vom Standpunkt des Ingenieurs in dem Werk „Photogrammetrie (Einfache, Stereo- und Luftphotogrammetrie)". (Aus Natur und Geisteswelt, *612*. Band.) — Eine wichtige Ergänzung zu beiden Schriften bildet das Buch von *Ernst Hegemann* „Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate" (Aus Natur und Geisteswelt, *609*. Band). Es erläutert die entwickelten Formeln durch zahlreiche Beispiele, die zumeist der Geodäsie entnommen sind.

Der praktischen Benutzung zugänglich gemacht werden die Resultate der Vermessung am übersichtlichsten in der Landkarte. Die bewährte „Kartenkunde" von *M. Groll* erscheint in zweiter Auflage bearbeitet von *Otto Graf*. Der erste Band gibt eine Darstellung der Projektionen, während der zweite die Abschnitte über Methoden der Kartenaufnahme, Karteninhalt in Situation, Schrift und Gebirgsdarstellung, Kartenzeichnen, Reproduktionsverfahren, Messen auf Karten, sowie eine Geschichte der Kartographie enthält. Leider haben die seit der ersten Auflage gemachten Fortschritte der Kartenkunde fast gar keine Berücksichtigung gefunden.

Auf sehr gedrängtem Raume gibt *H. Wolf* unter dem Titel „Karte und Kroki" (Mathematisch-physikalische Bibliothek, herausgegeben von *W. Lietzmann* und *A. Witting*, Bd. 27) einen Überblick über alle Arbeiten, die zur Herstellung einer Karte nötig sind. — In sehr klarer, gemeinverständlicher Form bietet *A. Egerer* im ersten Band seiner „Kartenkunde" (Aus Natur und Geisteswelt, *610*. Band) eine ausführliche Einführung in das Kartenverständnis, die sehr richtig von den Originalaufnahmen im Maßstabe 1 : 25 000 ausgeht und sowohl zum Unterricht wie zum Selbststudium in hervorragendem Maße geeignet ist. Man merkt der Arbeit auf jeder Seite an, daß hier die Ergebnisse einer Lebensarbeit in ansprechender, zuverlässiger und praktisch verwendbarer Form geboten werden.

O. Baschin, Berlin.

Roth, W. H., und K. Scheel, Konstanten der Atomphysik. Unter besonderer Mitwirkung von *E. Regener*. Berlin, Julius Springer, 1923. 114 S. 19 × 27 cm. Gebunden Grundzahl 8.

Dieser 114 Seiten umfassende Band stellt einen Sonderdruck aus der demnächst erscheinenden 5. Auflage der Physikalisch-Chemischen Tabellen dar, welche früher von *Landolt* und *Börnstein* herausgegeben wurden, während sich jetzt außer diesen Namen noch die von *Roth* und *Scheel* auf dem Titelblatt finden. Er enthält in seinen Tabellen die Atomgewichte, die Anordnung der Elemente im periodischen System, eine Übersicht über die bisher nachgewiesenen Fälle von Isotopie, und was über die radioaktiven Elemente bekannt ist (Halbwertzeit, entsandte Strahlenart und deren Geschwindigkeit, Wärmeentwicklung), sowie das auf Grund radioaktiver Daten geschätzte Alter der Mineralien. Es folgen Tabellen für Konstanten, die in der Gastheorie eine Rolle spielen, wie die Loschmidtsche Zahl, die Geschwindigkeit, freie Weglänge und die gaskinetisch bestimmten Molekulardimensionen. Weitere Tabellen bringen die Messungen über das elektrische Elementarquantum und die spezifische Ladung des Elektrons. Dann kommen die Strahlungskonstanten einschließlich des Planckschen h an die Reihe. Die umfangreichste Gruppe von Tabellen beschäftigt sich mit den Spektren, vom Ultrarot bis zu den Röntgenstrahlen. Dann folgt eine Übersicht über die bisherigen röntgenographischen Bestimmungen von Kristallstrukturen und eine Reihe von Angaben über das Verhalten der Ionen in Gasen (Beweglichkeit, Wiedervereinigung, Diffusion usw.). Eine Tabelle behandelt den Geschwindigkeitsverlust und die Absorption, welche Elektronen beim Durchgang durch Materie erleiden, und den Schluß bilden zwei Tabellen für die langwellige Grenze und das Resonanzmaximum des lichtelektrischen Effektes.

Zusammengestellt sind diese Tabellen von Forschern, deren jeder für das betreffende Gebiet Bedeutendes geleistet hat; das verbürgt die verständnisvolle und sorgsame Auswahl der Zahlenangaben. Z. B. hat *Paschen* die Terme im optischen Gebiet, *Gehrcke* die Wellenlängen der zu Normalen gewählten Spektrallinien bearbeitet.

Das Buch befriedigt ein lange und tief gefühltes Bedürfnis. Die in ihm niedergelegte Arbeit dürfte sich, so groß sie ist, durch die Erleichterung, die es für jeden auf dem Gebiet der Atomphysik Arbeitenden bringt, reichlich bezahlt machen.

M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Seriendarstellung des Gold-Bogenspektrums.

Während man seit langer Zeit gewußt hat, daß ein Teil der Spektrallinien von Kupfer und Silber in ein gewöhnliches Dublettspektrum eingeordnet werden kann, hatte man für das Spektrum des mit diesen Elementen verwandten Goldes bisher keine Seriendarstellung. Auch stimmen die Angaben der verschiedenen Beobachter, von denen hauptsächlich *Kayser* und *Runge* (Wied. Ann. *46*, 1892), *Eder* und *Valenta* (Atlas typischer Spektren) und *M. Quincke* (Zeitschr. für wiss. Phot. *14*, 1915) genannt werden müssen, betreffend die Zuordnung der gemessenen Linien zum Goldspektrum nicht besonders gut untereinander überein. Bei allen diesen Messungen haben ferner die Goldlinien eine relativ schwache Intensität. Da es hiernach schwierig scheint, die notwendigen physikalischen Be-

dingungen für eine kräftige Lichtemission der Goldatome herzustellen, habe ich eine Reihe von Photographien des Goldspektrums mit lichtstarken Quarzprismenspektrographen aufgenommen. Auf diese Weise ist es gelungen, eine Reihe von neuen Goldlinien aufzufinden, die zusammen mit bereits bekannten Linien in eine scharfe und eine diffuse Serie eingeordnet werden konnten.

Die Aufnahmen der Photographien wurden in der üblichen Weise vorgenommen, indem ein wenig reines Gold in die ausgebohrte positive Kohleelektrode einer Bogenlampe gebracht wurde, die mit einer Spannung von 220 Volt und einer Stromstärke von ca. 6 Amp. brannte. Für das Gebiet von $\lambda = 8000$ A. E. bis $\lambda = 3400$ A. E. wurde der größte Hilger Quarzspektrograph (Typus E_1), für das Gebiet von $\lambda = 3400$ A. E. bis $\lambda = 2000$ A. E. der mittlere (Typus E_2) benutzt. Mit diesen Apparaten ist eine Expositionszeit von 2 bis 4 Minuten hinreichend, um ein in allen Einzelheiten entwickeltes Bild zu geben. Bei der Ausmessung der Platten ist ein Eisenspektrum zum Vergleich benutzt und außerdem ist jeder Aufnahme des Goldspektrums ein Spektrum der verwendeten Kohlensorte hinzugefügt, um leichter sehen zu können, welche Linien der Verunreinigungen der Kohle zugehören.

Die Grundlage für die Seriendarstellung wird von den drei Dubletts gebildet $\lambda = 2676$ (10 R) und 2428 (10 R), $\lambda = 7510$ (6) und 5837 (6) und $\lambda = 4811$ (4) und 4065 (6), die alle denselben Abstand in Wellenzahlen haben, nämlich 3816. In einfacher Analogie zum Kupfer- und Silberspektrum war es natürlich das erste Dublett als $1s - 2p_i$ $(i = 1,2)$, das zweite als $2p_i - 2s$ und das dritte als $2p_i - 3d_2$ zu deuten. Die letztere Annahme wird ferner durch das Vorhandensein der Linie $\lambda = 4792$ (8) bestätigt, die als Kombination $2p_1 - 3d_1$ zu deuten ist. Schon dadurch war ja der ungefähre Wert der Seriengrenzen und der Spektralterme bestimmt, und es erwies sich nun als leicht, 8 Dubletts mit derselben Wellenzahldifferenz teils aus bekannten, teils aus neuen Goldlinien in ein Serienschema einzuordnen.

Die nebenstehenden Tabellen enthalten die scharfe und diffuse Serie des Goldspektrums; λ ist die Wellenlänge (Rowl. Syst., Luft), ν die Wellenzahl (gleichfalls Rowl. Syst., Luft), $\delta\nu$ die Dublettdifferenz, J die Intensität, während unter ms bzw. md die Werte der Spektralterme und unter n die der effektiven Quantenzahl angegeben sind, deren Quadrat, in den Nenner der Rydbergschen Formel eingesetzt, den Wert des Spektralterms ergibt. Die neuen Linien sind durch einen * bezeichnet. Tabelle I enthält die scharfe Serie, deren Verlauf ziemlich regelmäßig ist; sie schien mir als zu einer vorläufigen Bestimmung der Seriengrenzen am besten geeignet. Die diffuse Serie in Tabelle II zeigt eine etwas ungleichmäßigere Änderung der Rydbergnenner, aber deren Abweichung vom normalen Verlauf hält sich doch immer innerhalb enger Grenzen.

Aus früheren Messungen des Zeemaneffektes der Goldlinien (*W. Hartmann*, Dissert. Halle 1907) geht hervor, daß $\lambda = 5837$ die für eine p_2s-Kombination typische Aufspaltung zeigt, während $\lambda = 4811$ und $\lambda = 4792$ bzw. wie p_1d_2- und p_1d_1-Kombination aufgespalten werden. Dies stimmt genau mit der Stellung dieser Linien in den obenstehenden Serien überein. Der Zeemaneffekt der übrigen Linien ist nicht bekannt.

Tabelle I.
Scharfe Serie des Goldspektrums.
$2p_1 = 33242$ $2p_2 = 37058$

λ	J	ν	$\delta\nu$	ms	n
— 2428,06	10 R	— 41 185,2	3816,7	74 510	1,213
— 2676,05	10 R	— 37 368,5			
7510,97	6	13 313,9	3816,3	19 928	2,345
5837,64	6	17 130,2			
4241,99	4	23 573,8	3816,8	9666	3,369
*3650,89	3	27 390,6			
*3634,75	2	27 512,2	3815,7	5729	4,376
*3192,04	1	31 327,9			
*3395,66	1	29 449,4	3816,2	3791	5,380
*3006,02	1/2	33 266,6			
*3270,35	1/2	30 577,8		2664	6,418
—					

Tabelle II.
Diffuse Serie des Goldspektrums.
$2p_1 = 33242$ $2p_2 = 37058$

λ	J	ν	$\delta\nu$	md	n
4811,82	5	20 782,3	82,4	12 457	2,970
4792,79	8	20 864,7	3816,6	12 377	2,976
4065,22	6	24 598,9			
*3802,12	1	26 301,1	43,0	6940	3,975
*3795,91	4	26 344,1	3816,5	6898	3,988
3320,32	2	30 117,6			
*3471,92	1	28 802,5	39,3	4439	4,970
3467,19	3	28 841,8	3816,4	4399	4,994
*3065,71	1	32 618,9			
*3312,53	1/2	30 188,4	37,5	3053	5,994
3308,43	2	30 225,9	3815,2	3015	6,030
*2940,87	1	34 003,6			
*3225,92	1/2	30 998,9	35,9	2239	7,000
*3222,19	1	31 034,8	3819,8	2207	7,050
*2872,02	1/2	34 818,7			

Es ist nun hauptsächlich noch die Aufgabe zurückgeblieben, die Hauptserie des Goldes, die Absorptionsserie, zu bestimmen. Diese Aufgabe ist aber etwas schwieriger, da das zweite Glied der Hauptserie bereits bis ca. 1600 AE. gerückt ist, so daß man einen Vakuumspektrographen benützen muß. Eine Untersuchung dieser Art ist begonnen.

Kopenhagen, den 19. Mai 1923, *Universitetets Institut for teoretisk Fysik.* *V. Thorsen.*

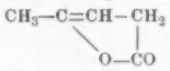
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ranunkelöl und Anemonin. Unterwirft man die Blätter, Blüten und unreifen Früchte von Ranunculus japonicus Langsd. oder Ranunculus sceleratus L. zur Zeit der vegetativen Entwicklung — im Mai — der Destillation mit Wasserdampf, so erhält man ein Destillat, aus dem sich das *Ranunkelöl* extrahieren läßt. Es hat das Interesse der Chemiker wegen seiner unangenehmen physiologischen Eigenschaften auf sich gezogen; denn es reizt die Schleimhäute stark und erzeugt einen schmerzhaften, schwer zu heilenden Brand. Durch bloßes Aufbewahren wandelt es sich merkwürdigerweise in das schön kristallisierende Anemonin um, das seinerseits einen indifferenten Stoff vorstellt.

Über das Anemonin liegt nach verschiedenen Anläufen älterer deutscher Chemiker aus neuerer Zeit eine umfassende Untersuchungsreihe des Japaners *Yasuhiko Asahina* vor, die etwa im Jahre 1914 beginnt und zum größten Teil in die Zeit des Weltkrieges fällt. Sie ist so charakteristisch für die moderne biologische Chemie, daß sie hier eine kurze Betrachtung verdient, um so mehr als ihre letzte Zusammenfassung in einer neuen japanischen Zeitschrift erschienen ist, die den meisten deutschen Kollegen schwer zugänglich sein dürfte.

Die Ansichten über die Beziehung des Anemonins zum Ranunkelöl gehen bei verschiedenen Forschern stark auseinander; vielleicht ist die Tatsache außer Acht gelassen worden, daß kristallisiertes Anemonin im Gegensatz zum flüssigen Ranunkelöl nicht mehr mit Wasserdämpfen flüchtig ist. Dies brachte *Asahina* auf den Gedanken, daß Anemonin gar nicht als solches in der Mutterpflanze vorkommt, sondern erst ein sekundäres Veränderungsprodukt ist. In der Tat sind die Ausbeuten an Anemonin ganz abhängig von der Behandlung des Ranunkelöls. Sie betragen im Maximum 8 g aus 40 kg frischem Kraut.

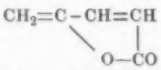
Asahina geht von der Ansicht aus, daß Anemonin, dem die Formel $C_{10}H_8O_4$ zukommt, aus einer einfachen Muttersubstanz entsteht, die im Ranunkelöl enthalten ist und die er Protoanemonin nennt. Durch spontanen Zusammentritt zweier Moleküle dieser Ursubstanz von der Formel $C_5H_4O_2$ soll das Anemonin entstehen. Den Beweis hierfür zu erbringen war wegen der schon erwähnten lästigen physiologischen Eigenschaften mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Es glückte jedoch auf einem Umwege und konnte auch durch synthetische Versuche gestützt werden. Durch partielle Hydrierung gewinnt man nämlich ein angenehmer zu verarbeitendes Dihydroprodukt, das sich als identisch erwies mit dem Angelilacton:



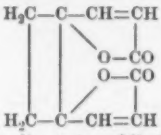
und das bei alkalischer Verseifung Lävulinsäure, d. i. eine Ketosäure mit fünf Kohlenstoffatomen, liefert:

$$CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH.$$

Es liegt also tatsächlich ein Kohlenstoffskelett von nur fünf Atomen vor. Die Formel des Protoanemonins selbst konnte *Asahina* durch Totalsynthese sicherstellen:



Anemonin wäre demnach als dimeres Kondensationsprodukt des Protoanemonins zu betrachten. Wie hat man sich aber in ihm selbst die Atombindungen zu denken? Offenbar geschieht diese auf Kosten der Doppelbindungen. Das Verhalten verschiedener Derivate veranlaßte *Asahina* zur Aufstellung folgender Strukturformel:



In ihr ist also die extrazyklische Doppelbindung des Protoanemonins für die Polymerisation verbraucht worden und ein Viererring entstanden, der in der Kombination mit den ungesättigten Seitenketten ähnlich einem System mit konjugierten Doppelbindungen einen äußerst reaktionslustigen Körper vorstellt. Bei seiner katalytischen Reduktion bleibt die Struktur erhalten und es bildet sich eine gesättigte karbozyklische Verbindung, das Tetrahydroanemonin.

Bei der stufenweisen Hydrierung jedoch öffnet sich der Ring und es entsteht, gleichfalls unter Aufnahme zweier Moleküle Wasserstoff, als Endprodukt Sebacinsäure ($COOH - (CH_2)_8 - COOH$). Auch damit ist der Beweis erbracht, daß bei der Polymerisation des Protoanemonins eine neue Kohlenstoff-Kohlenstoffbindung entstanden ist.

Im übrigen sind das Anemonin und seine beiden Hydrierungsstufen durch große Umsetzungslust unter strukturellen Verschiebungen ausgezeichnet, die nur kurz angedeutet seien, da Einzelheiten zu weit führen würden.

Bei der sauren Verseifung des Dihydroanemonins resultiert eine gesättigte Diketosäure, die Anemonolsäure oder Dilävulinsäure. Wässriges Alkali läßt dagegen eine ungesättigte 1,4-Diketo-dicarbonsäure, die Anemoninsäure, entstehen, die zu mannigfaltigen Reaktionen geneigt ist. Alkoholisches Alkali liefert eine isomere gleichfalls ungesättigte saure Substanz, die Anemonsäure. Und damit ist die Schilderung der Verwandlungsmöglichkeiten noch lange nicht erschöpft, denn auch vom Tetrahydroderivat leitet sich eine Serie interessanter Produkte her, von denen manches noch dazu bestimmt scheint, der strukturellen Aufklärung dieses Gebietes zu dienen.

Schon diese kurzen Ausführungen dürften zeigen, welchem Zaubergarten von Verbindungen wir hier gegenüberstehen, die doch alle auf eine so einfache Verbindung mit fünf Kohlenstoffatomen und wenigen Substituenten zurückgehen. Es gehört selbst bei diesen Körpern schon eine ausgezeichnete Experimentierkunst dazu, um des Spieles der Affinitäten Herr zu werden. Aber das Interesse an *Asahinas* Arbeiten, dessen Beweisführung geradezu einen bestrickenden Reiz der Wahrscheinlichkeit trägt, ist damit nicht etwa erschöpft. Der Forscher hat Licht in ein Gebiet gebracht, das mit zahlreichen biologisch wichtigen Körperklassen in Beziehung stehen dürfte. Die 5-Kohlenstoffzahl, die beiden Doppelbindungen im Verein mit der Polymerisationsneigung des Protoanemonins erinnern an das Isopren und Kautschuk — auch hier macht ja die Polymerisation nicht bei zwei Molekülen halt. — Die leichte Bildung von Lävulinsäure verleitet zu Spekulationen in das Gebiet der Kohlenhydrate. Die Kohlenstoffanzahl und der Kohlenstoffzyklus des Anemonins läßt einen Zusammenhang mit der Terpenchemie konstruieren.

Manche Ähnlichkeit weist das Gebiet auch mit der Chemie der Glucale auf. In beiden Fällen bringt die Kombination von Doppelbindung und Sauerstoffbrücke umsetzungslustige Gebilde hervor, die leicht weitgehenden Strukturveränderungen anheimfallen. Ein gewisser Reiz liegt darin, daß gerade *Asahina* diese Körperklasse erschließt, er, der vor etwa einem Jahrzehnt durch Auffindung des Styracits die Glucalarbeiten *Emil Fischers* indirekt angeregt haben dürfte.

Herbert Schotte, Dresden-Berlin.

Neue Anschauungen über die wirksamen Kräfte bei gebirgsbildenden Vorgängen. Bisher betrachtete man die Kontraktion der Erde durch langsame Erkaltung als alleinige und ausreichende Ursache für die Entstehung und Auffaltung von Gebirgen. Diese Theorie, welche den Vorzug hatte, eine großzügige und einheitliche Mechanik allen Prozessen der Gebirgsbildung zugrunde zu legen, ist jedoch auf so erhebliche Schwierigkeiten physikalischer und geologischer Art gestoßen, daß sie heute nur noch von wenigen Forschern unbeschränkt angenommen wird. Bei den Bestrebungen, unter Ablehnung der Allgemeingültigkeit der Kontraktion, die Kräfte aufzuzeigen, welche den Mechanismus der Gebirgsbildung regulieren, hat man zwei Wege eingeschlagen. Auf dem ersten sucht man den Sitz dieser Kräfte unterhalb der festen Erdrinde, in der plastischen oder flüssigen Zone, deren Bewegungen sich die feste Oberfläche nur passiv anpaßt. Der innere Kräftehaushalt der Erde wäre demnach für die Gebirgsbildung verantwortlich zu machen. Auf dem anderen sucht man die Verschiebungen der Oberfläche, welche die Gebirgsbildung anzeigt, durch Kräfte zu erklären, welche in der starren Erdrinde selbst lokalisiert sind. Die Aktivität dieser könnte aber nur in ihren relativen Massen- und Schwereverhältnissen begründet sein und als Funktion der Lage von Pol und Äquator betrachtet werden; in letzter Linie würde also diese Auffassung die Gebirgsbildung auf kosmische Ursachen zurückführen.

Als Versuch einer Lösung des Problems in der erstgenannten Richtung ist eine bemerkenswerte Arbeit von *Schwinner* (Gebirgsbildung und Vulkanismus, Zeitschr. f. Vulkanologie 1919) zu betrachten. Der Ursprung der Kraft ist nach ihm in der „Tektonosphäre", der äußeren Schale der Erde, welche vom Nickeleisenkern unabhängig ist, zu suchen; und zwar kommt dabei nicht ihr äußerer, erkalteter und fester, sondern ihr innerer plastischer Teil in Frage, deren obere Grenze in etwa 120 km zu suchen wäre. Die Ursache der Kraftentwicklung besteht in thermodynamischen Vorgängen, insbesondere in der instabilen Wärmeschichtung. Das erkennt man am besten an der Hand einer analytischen Betrachtung. Denken wir uns eine Flüsigkeitssäule, in der Druck und Temperatur nach der Tiefe zunehmen. Man nehme innerhalb dieser Säule ein Teilchen und versetze es in ein höheres Niveau. Infolge Druckentlastung dehnt es sich hierbei aus und wird dadurch kälter. Nun sind drei Fälle denkbar: 1. das Teilchen wird auf die Temperatur der Umgebung abgekühlt, es besitzt also auch seine Dichte; zu einer weiteren hydrostatischen Bewegung ist kein Anlaß vorhanden und die Wärmeschichtung ist indifferent. Die Temperaturdifferenz beider Niveaus, in Zentimeter pro Wärmeeinheit gemessen, wird als kritischer Gradient bezeichnet. 2. Das Teilchen wird kühler, also auch dichter, als die Umgebung, und sinkt infolgedessen auf das ursprüngliche Niveau herab; die Wärmeschichtung ist stabil, der Gradient ist kleiner als der kritische. 3. Das Teilchen ist wärmer, also auch leichter als die Umgebung und muß daher weiter steigen; die Wärmeschichtung ist instabil, der Gradient höher als der kritische, vertikale Konvektionsströme können entstehen. Es ist einleuchtend, daß sich in der plastischen Erdsphäre eine instabile Wärmeschichtung entwickeln kann; den Grund dazu liefert der Wärmeverlust an der Oberfläche durch Ausstrahlen in den Weltenraum. Dadurch steigt der Wärmegradient und thermische Strömungen können sich entwickeln. Sie entstehen dann nach Analogie der Strömungen im Luftraum; die gegen den Erdmittelpunkt absteigenden Ströme kann man als Zyklone, die aufsteigenden als Antizyklone bezeichnen. Die Zyklone erzeugen unter der starren Erdrinde einen Materialverlust, in dieser einen Materialüberfluß, der durch Stauung oder Faltung beseitigt wird. Ihre Lage wird an der Oberfläche durch die schmalen Gürtel von Faltengebirgen bezeichnet; wir haben hier die mechanische Erklärung für die Verschluckungszonen *Ampferers*. Die Antizyklone führen der Oberfläche heißes Material zu; sie sind also in der Erdrinde ein Gebiet der Zerrung und der vulkanischen Ausbrüche. In dem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang von Gebirgsbildung und Vulkanismus kann man einen Hinweis auf die Gültigkeit des Prinzips sehen, wenn auch die Vorgänge im einzelnen nicht ganz so schematisch verlaufen dürften. Zwischen dem zyklonalen und antizyklonalen Gebiet vermitteln horizontale Ausgleichsströmungen, denen oberflächlich die großen Kontinentalschollen — die Füllmassen — entsprechen. Die Erdrinde wäre demnach tektonisch passiv; sie reproduziert nur indirekt die Bewegungen des plastischen Untergrundes, mit welchem sie durch eine Art „Reibungskoppelung" verbunden ist. Die entstehenden Wärmeströme würden sich allerdings allmählich durch Ausgleich selbst aufheben, was mit den relativ kurzen gebirgsbildenden Perioden gut übereinstimmt. Der gesamte Energiehaushalt der „Tektonosphäre" würde, so verstanden, eine großzügige Einheitlichkeit besitzen und mit den Gesetzen der Thermodynamik durchaus im Einklang stehen.

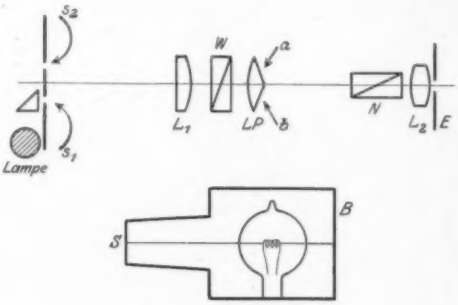
In den horizontalen Ausgleichsströmungen unter den kontinentalen Füllmassen könnte man die Ursache für die von *Wegener* behaupteten Kontinentalverschiebungen sehen. Doch ist hier auch ein anderer Weg denkbar, der den starren Rindenschollen eine mehr aktive Rolle zuerkennt. Ganz neuerdings hat *Köppen* die einschlägigen Überlegungen auf Grund von eigenen Studien und denen *Schweydars*, *Lamberts* und *Epsteins* zusammengestellt (Geol. Rundschau Bd. *XII*, Nr. 6/8, 1922). Die Zentrifugalkraft ist am Äquator größer als am Pol, die Anziehung zum Mittelpunkt ist am Pol am größten. Die Flächen gleicher Schwere liegen mithin am Äquator weiter auseinander als am Pol. Da man nun annimmt, daß die leichteren Kontinentalschollen auf schwerer plastischer Unterlage schwimmen, so muß ihr Schwerpunkt in einem höheren Schwereniveau liegen, als der Ansatzpunkt ihres Auftriebs, der mit dem Schwerpunkt der von ihnen verdrängten Flüssigkeit zusammenfallen dürfte. Es resultiert daraus eine kleine Komponente, die die Kontinente nach dem Äquator zutreibt — die Polfluchtkraft. Diese Kraft ist in den mittleren Breiten am größten, am Pol und Äquator gleich Null. Es wäre darin eine Erklärung für die Lage der Faltengebirge der Alten Welt in mittleren Breiten zu sehen. Neben der Polfluchtkraft nehmen *Wegener* und *Köppen* noch eine West-

bewegung an, die nach *Schweydar* in der treibenden Kraft der Präzession liegt, d. h. in dem Bestreben der Kontinente, um eine Achse zu rotieren, die von der allgemeinen Erdachse abweicht. Auch hierfür sind geophysikalische Beweise möglich, ja, die Westbewegung dürfte sogar größer sein als die Polfluchtkraft. *Wegeners* Theorie der Abtrennung von Amerika und Europa und von der „Westtrift" aller Kontinente fände hier eine Erklärung. Daß die oft behaupteten Polverschiebungen mit diesen Bewegungen zusammenhängen, ist wahrscheinlich, aber im einzelnen noch schwer aufzuzeigen.

Es treten uns also in jüngster Zeit wieder zwei Lösungsversuche des Problems der Gebirgsbildung entgegen, von denen der eine der starren Erdrinde eine passive, der andere eine mehr aktive Rolle zuweist. Die geophysikalische Möglichkeit beider Prozesse ist zuzugeben; dem Verfasser scheint es aber, daß die Größenordnung der Polflucht und „Westtrift" geringer ist, als die der thermodynamischen Kräfte und daß diesen daher wohl die größere Bedeutung zuzusprechen ist. *S. von Bubnoff, Breslau.*

Die Photometrie von optischen Instrumenten. (*J. Guild*, The Photometry of Optical Instruments. Transactions of the Optical Society *23*, 1921—22, Nr. 3, S. 205—216.) Das vom Verfasser in der optischen Abteilung des National Physical Laboratory ausgearbeitete Verfahren zur Photometrierung von beliebigen optischen Instrumenten beruht auf dem Satz — der, wie hier hinzugefügt sei, von *E. Abbe* herrührt —, daß das Verhältnis der spezifischen Intensität[1]) eines Bildes zur spezifischen Intensität des Gegenstandes unabhängig ist von der Vergrößerung. Dieses Verhältnis hängt vielmehr nur von den Lichtverlusten durch Reflexion und Absorption ab. Durch eine kleine Abänderung eines Wannerschen optischen Pyrometers gelang es, ein tragbares Photometer zu erhalten, mit dem außer der Lichtdurchlässigkeit eines optischen Instruments auch die Verschiedenheit der Beleuchtungsstärke im Gesichtsfeld eines optischen Instrumentes bequem gemessen werden kann. Die benutzte Ausführungsform des Wannerschen optischen Pyrometer sieht grundsätzlich so aus wie ein Koenig-Martenssches Polarisationsphotometer; es sind lediglich das Rotfilter und die Linse weggefallen, welche sonst dazu benutzt wird, um ein Bild der pyrometrisch zu messenden glühenden Masse in der Ebene des Doppelkeils zu entwerfen. An Stelle der Temperaturskala ist nun ein Teilkreis zur Ablesung der Nikolstellungen getreten; es wird das Mittel aus den vier Stellungen des Nikols genommen, für welche die beiden Keilhälften gleich hell erscheinen. Hinzugekommen ist am Eintrittsende des Photometers eine Viertelwellenlängenplatte (aus Selenit), welche dauernd so eingestellt werden kann, daß auch für den Fall einer teilweisen Polarisation des Lichtes infolge des Durchgangs durch das optische Instrument die Lichtdurchlässigkeit unabhängig ist von der Stellung der Photometerhauptschnitte zur Ebene der (teilweisen) Polarisation im optischen Instrument. Am Okularende wird ein Grünfilter (Wratten Nr. 57) eingeschaltet, da der Durchlässigkeitsfaktor für grünes Licht praktisch die größte Bedeutung hat.

Die eine Öffnung s_1 des Photometers wird mittels eines mattierten Prismas durch ein kleines Vier-Volt-Lämpchen, die andere Öffnung s_2 des Photometers einmal durch einen diffus leuchtenden Schirm S unmittelbar, das andere Mal durch diesen Schirm beleuchtet, wenn er in der Austrittspupille des optischen Instruments angebracht ist und die Eintrittspupille so nahe als möglich an der Öffnung s_2 liegt. Der diffus leuchtende Schirm S mit etwa 2 Zoll Durchmesser wird dadurch beleuchtet, daß in einem innen mattweißen Kasten vier 30-Watt-Metallfadenlampen angebracht sind, wobei der Schirm am Ende eines konusförmigen Ansatzes befestigt ist. Mattglas für den Schirm S zu nehmen, empfiehlt sich nicht, da sonst dessen spezifische Intensität von der Normalen aus stark abfällt; es wurde „Ilford Diffusing Medium" verwendet.



Bei optischen Instrumenten mit kleinem (dingseitigem) Gesichtsfeld ist die umgekehrte Anordnung zu empfehlen, d. h. die Lichtquelle (Schirm S mit dem Lampenkasten) in die Eintrittspupille und die Photometeröffnung s_2 in die Austrittspupille des zu photometrierenden optischen Instruments zu bringen. Ganz allgemein muß der Winkel, unter dem die Doppelkeilhälfte von s_2 aus erscheint, etwas kleiner sein als der Öffnungswinkel der aus dem optischen Instrument kommenden Lichtröhre (d. h. entweder das dingseitige oder das bildseitige Gesichtsfeld). In dem häufig vorkommenden Fall, daß s_2 nicht mit der Austrittspupille des Instruments zur Deckung gebracht werden kann, entwirft man mit einer Hilfslinse von 10 bis 12 Dioptrien ein reelles Bild der Austrittspupille, photometriert, erst so und dann das mit der gleichen Linse entworfene Bild von S. Der Quotient gibt wieder die Durchlässigkeit.

Um die *Helligkeiten an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes* miteinander zu vergleichen, wird das leuchtende Scheibchen einer 500-Kerzen-Pointolitelampe durch eine Linse auf eine diffuse Strahlung ergebende Platte abgebildet, welche die Austrittspupille des optischen Instruments ausfüllt. In der Eintrittspupille wird eine (der Zeichnung nach achromatische) Linse L von solcher Brennweite angebracht, daß das Gesichtsfeld etwa mit ein bis zwei Zoll Durchmesser abgebildet wird, und zwar auf eine das Licht diffus durchlassende Platte F. Das Photometer wird der Reihe nach mit seiner Öffnung s_2 an verschiedene Stellen dieser Platte F gebracht, die also in der Brennebene der Linse L liegt. Dies geschieht zweckmäßig

[1]) Bezüglich der genauen Erklärung dieses Begriffes sei verwiesen auf das von *M. v. Rohr* bearbeitete Kapitel „Die Strahlungsvermittelung durch optische Systeme" (S. 508—547) des im Verlag von J. Springer 1904 erschienenen, von *M. v. Rohr* herausgegebenen Buches „Die Theorie der optischen Instrumente" *I.* Band.

dadurch, daß man die in diesem Falle überflüssige Viertelwellenlängenplatte an diesem Photometerende entfernt und die Platte F mit Plastilin auf der Öffnung s_2 befestigt. Eine wagerechte und senkrechte Teilung gibt die Lage von s_2 in bezug auf den auf der Platte F sichtbaren Gesichtsfeldrand an. Man hat also bei dieser Anordnung einen dem wirklichen Strahlengang entgegengesetzten. Da die Platte F diffus durchlässig ist, wird auf diese Weise das Produkt aus Durchlässigkeit und Vignettierungsfaktor, d. h. der Verlauf der wirklichen Beleuchtungsstärke, gemessen.

Im Abschnitt VI, S. 215, wird darauf hingewiesen, daß man mit diesem Photometer (aber wieder mit der Viertelwellenlängenplatte) sehr bequem das Reflexionsvermögen beliebiger (ebener oder gekrümmter) Spiegel bestimmen kann. Im Abschnitt VII (frühere Arbeiten auf ähnlicher Grundlage), S. 215—216 wird darauf hingewiesen, daß *F. E. Wright* (The measurement of the intensity of transmitted and reflected light by polarisation photometers, Journal of the Optical Society of America 1919, *2—3*, Nr. 3 bis 6, S. 65—75) ebenfalls ein Koenig-Martenssches Photometer zu diesem Zwecke benutzt hat, aber ohne die Viertelwellenlängenplatte und ohne die kleine Vergleichslampe. Gerade diese ermöglicht die bequeme Anwendung bei optischen Instrumenten verschiedener Länge und beliebiger Form. Der Berichterstatter möchte noch den Hinweis hinzufügen, daß gleichzeitig mit *F. E. Wright* im Journal of the Optical Society of America 1919, *2—3*, Nr. 3—6, S. 76—90, *T. Townsend Smith* ein gegenüber der Wrightschen Anordnung ein wenig abgeändertes Photometer beschrieben hat.

Aus den Diskussionsbemerkungen (S. 216) sei zunächst hervorgehoben, daß *T. Y. Baker* mittels des von *Guild* beschriebenen Photometers zahlreiche Instrumente photometriert hat und dabei Übereinstimmung mit den theoretischen Werten feststellte. (Eine Zusammenstellung der theoretischen Werte findet man bei *H. Erfle* in § 3 der Arbeit „Zur Wirkungsweise der Fernrohre", Deutsche optische Wochenschrift 1919, 351—355, 363—369, 1920, 3—5, 29—30). Außerdem hat *H. S. Ryland* in der Diskussion drei Methoden beschrieben, die er einige Jahre vorher zum Vergleich der Durchlässigkeiten verschiedener Prismenfeldstecher benutzte. Die erste war eine Vergleichsmethode zur Feststellung, ob die Durchlässigkeit zwischen zwei bestimmten Normalen liegt, die man als optische Grenzlehren bezeichnen könnte. (Einzelheiten werden nicht mitgeteilt.) Bei der zweiten Methode wird die Austrittspupille des zu prüfenden Instruments und eines Normalinstruments gleichzeitig unter denselben Bedingungen photographiert. „Die dritte war eine Autokollimationsmethode zur Messung der absoluten Durchlässigkeit eines Instruments, wobei ein Teil des Lichtes nach zweimaligem Durchgang durch das Instrument mit dem Licht verglichen wurde, das nicht durch das Instrument gegangen war." Zu dieser dritten Methode, für die *Ryland* keine weiteren Einzelheiten angibt, sei mitgeteilt, daß seit dem Jahre 1905 im internen Gebrauch des Zeißwerkes ein nach den Angaben von Prof. *Siedentopf* gebautes Photometer zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit von Fernrohren benutzt wird, das auf dem Grundsatz der Autokollimation in der Austrittspupille beruht.

H. Erfle †, Jena.

Astronomische Mitteilungen.

Spektroskopische Parallaxen der Sterne vom Spektraltypus A. Bisher war die von *A. Kohlschütter* und *W. Adams* begründete Methode der Bestimmung der absoluten Leuchtkraft der Sterne aus spektralen Merkmalen nur auf die Sterne der Spektralklassen F bis M angewendet worden, da nur bei diesen Klassen genügend ausgeprägte, eindeutig von der Leuchtkraft abhängende spektrale Charakteristika bei einzelnen Linien bekannt waren. Bei den Spektraltypen B und A fehlten diese; es hatte sich aber gezeigt, daß für alle B-Sterne die Leuchtkraft nahe konstant ist, und daß bei den A-Sternen dasselbe wenigstens für die einzelnen Unterklassen gilt. Nun haben *W. S. Adams* und *A. H. Joy* in einer Untersuchung „A spectroscopic method of determining the absolute magnitudes of A-Type stars and the parallaxes of 544 stars"[1]) nachgewiesen, daß man in der Sicherheit der Bestimmung der absoluten Leuchtkraft aus den Unterklassen des Typus *A* noch etwas weiter kommt, wenn man die Sterne der Unterklassen in solche mit scharfen (*s*) und solche mit verwaschenen Linien (*n*) trennt.

Für die Untersuchung stand eine größere Anzahl von A-Sternen mit bekannter Entfernung zur Verfügung; teils solche des Taurus- und Ursa major-Stromes, deren Parallaxe besonders sicher ist, teils solche mit trigonometrisch bestimmter Entfernung. Ordnet man die hieraus hergeleiteten absoluten Größen nach den Unterklassen von A, und zwar nach den Merkmalen *n* und *s* getrennt, so ergibt sich in beiden Fällen ein etwas verschiedenes Anwachsen der absoluten Größe mit fortschreitendem Spektraltypus. Die Sterne mit scharfen Linien sind, besonders für die frühen A-Sterne, heller als die mit verwaschenen Linien. Durch die Beachtung der Beschaffenheit der Linien läßt sich die Leuchtkraft und damit die Entfernung der A-Sterne spektroskopisch mit derselben Genauigkeit herleiten, wie bisher die der Sterne vom Typus F bis M. Die für 544 A-Sterne hergeleiteten Parallaxen nehmen entsprechend den Eigenbewegungen dieser Sterne ab, wodurch die erlangten Ergebnisse eine Bestätigung erfahren. Die A-Sterne mit dem Spektralcharakter „c" (scharfe Linien; Funkenlinien besonders stark und hervortretend) ordnen sich den hier gefundenen Beziehungen nicht ein und bedürfen besonderer Untersuchung.

Die Geschwindigkeitsverteilung bei den Sternen der Spektraltypen F bis M. Die Bestimmung der spektroskopischen Parallaxen einer größeren Anzahl von Sternen der Spektralklassen F bis M hat die Möglichkeit gegeben, die *räumliche* Geschwindigkeit dieser Sterne herzuleiten. Die Diskussion dieses Materials durch *G. Strömberg* (The distribution of the velocities of stars of spectral types F to M)[2]) ließ eine Reihe bedeutungsvoller Gesetzmäßigkeiten in der Sternbewegung erkennen, die eine glänzende Bestätigung der Schwarzschildschen Hypothese der Geschwindigkeitsellipsoide bedeuten. Denkt man sich die Sterne einer Gruppe zu irgend einer Zeit in einem Punkt vereinigt, und bewegen sie sich von hier aus entsprechend ihrem Geschwindigkeitsvektor, so wird die räumliche Ver-

[1]) Astrophys. Journal Vol. *56*, S. 242, 1922, und Mt. Wilson Contributions Nr. 244.

[2]) Astrophys. Journal Vol. *56*, S. 265, 1922, und Mt. Wilson Contr. Nr. 245.

teilung der Sterne nach Ablauf der Zeiteinheit ein Bild der Verteilung der Geschwindigkeiten geben. Durch Abzählen der in einem Raumteil vorhandenen Sterne läßt sich unmittelbar die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Geschwindigkeiten bestimmen. Die Flächen gleicher Sterndichte und damit gleicher Häufigkeit der Geschwindigkeitsvektoren wurden auf analytischem Weg nach Spektralklassen sowie nach absoluten Helligkeiten getrennt ermittelt. Dabei sind die Geschwindigkeitsvektoren von der Sonnenbewegung relativ zum Fixsternsystem befreit. Letztere ist von *G. Strömberg* durch Mittelbildung über die beobachteten Sterngeschwindigkeiten in bezug auf die Sonne bestimmt worden, wobei sich für die einzelnen Spektralklassen sowie für Riesen und Zwerge verschiedene Beträge der Sonnengeschwindigkeit nach Richtung und Größe ergaben. Die für die Häufigkeit der Sterngeschwindigkeiten gefundenen Ergebnisse sind durch eine Reihe anschaulicher Figuren erläutert, von denen zwei hier wiedergegeben seien.

Die Fig. 1 zeigt die Verteilung der Geschwindigkeiten der Spektraltypen F 0 bis G 5 für die Sterne, deren absolute Helligkeit 2,9 übersteigt (also für Riesen). Die eingetragenen Punkte stellen eine Auswahl der Endpunkte der einzelnen Geschwindigkeitsvektoren dar, und zwar projiziert auf die Ebene der Milchstraße (XY) und auf eine Ebene senkrecht zu dieser (XZ). Die Schnittkurven der Flächen gleicher Dichte mit den Projektionsebenen sind vollständig eingezeichnet. Die Flächen gleich häufiger Geschwindigkeiten sind annähernd dreiachsige Ellipsoide, deren kürzester Durchmesser senkrecht zur Milchstraße liegt. Eine ähnliche Verteilung zeigt sich auch bei den Riesen der späteren Spektraltypen; nur nähern sich die Ellipsoide mehr und mehr der Kugel. Diese ellipsoidische Anordnung sagt aus, daß die Sterne, besonders die der frühen Spektraltypen, in ihrer Bewegung zwei Richtungen bevorzugen, die einander entgegengesetzt sind, und die sich in der Ebene der Milchstraße befinden. Die am häufigsten vorkommende Geschwindigkeit ist nicht Null, sondern liegt im ersten Quadranten. Dies rührt daher, daß die Geschwindigkeit der Sonne in bezug auf die Gesamtheit der übrigen Sterne durch das arithmetische Mittel aller Geschwindigkeitskomponenten in bezug auf die Sonne festgelegt ist. Die Geschwindigkeiten sind aber um die am häufigsten vorkommende Geschwindigkeit nicht symmetrisch verteilt. Vielmehr meiden die Sterne hoher Geschwindigkeit den ersten Quadranten, so daß die häufigste Geschwindigkeit mit der mittleren nicht zusammenfällt.

Für die Zwerge der Spektralklassen G 0 bis M ist die Geschwindigkeitsverteilung ebenfalls eine ellipsoidische. Die Hauptachse in der Ebene der Milchstraße ist jedoch gegen die der Riesen gedreht; die häufigste Geschwindigkeit liegt in der Richtung der negativen X-Achse. Diese letztere Richtung fällt nahe mit derjenigen von *Kapteyns* erstem Sternstrom zusammen, während die häufigste Richtung der Riesen sich mit *Kapteyns* zweitem Strom deckt.

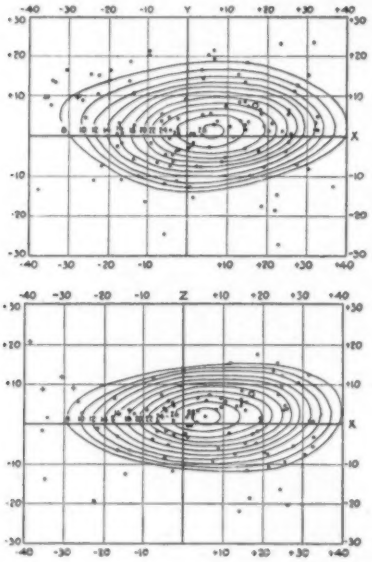


Fig. 1. Geschwindigkeitsverteilung der Sterne F 0 bis G 5 heller als 2,9.

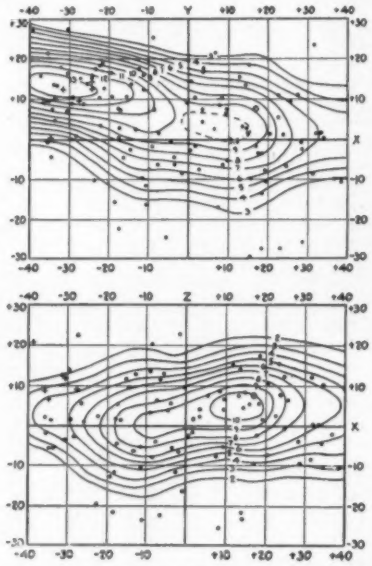


Fig. 2. Geschwindigkeitsverteilung der Sterne A 6 bis F 9, Helligkeit 0 bis 5,5.

Von besonderer Wichtigkeit ist die hier wiedergegebene Fig. 2. Hierbei sind die hellsten F-Sterne ausgeschlossen worden; die Gruppe umfaßt die Spektraltypen A 6 bis F 9 und die absoluten Größen 0 bis 5,5. Diese Sterne lassen eine Trennung in zwei Ströme erkennen. Der eine fällt mit dem allgemeinen Strom der Riesensterne zusammen; der zweite mit dem Taurusstrom, der über das ganze nähere Sternsystem ausgebreitet ist und etwa 20 % vor allem der Sterne des F-Typus umfaßt.

Das Leuchten der Milchstraßennebel. In einer früheren Untersuchung[3]) hatte *E. Hubble* aus den

[3]) Vergl. Die Naturwiss. *11*, 164, 1923.

Spektren der Milchstraßennebel und der darin enthaltenen Sterne geschlossen, daß das Leuchten dieser Nebel zum Teil auf einfache Reflexion des Sternenlichtes, zum Teil auf irgend eine Art Anregung durch solches Licht zurückzuführen ist. Diese Auffassung wird durch eine neue Arbeit *E. Hubbles* (The source of luminosity in galactic nebulae)[4]) bestätigt. Zwischen der Helligkeit eines Sternes und der maximalen Entfernung, bis zu welcher dunkle, im Weltall vorhandene Nebelmassen bei einfacher Reflexion für uns noch wahrnehmbar sein können, besteht ein einfacher Zusammenhang, der tatsächlich für die *diffusen* Milchstraßennebel und die voraussichtlich räumlich damit verbundenen Sterne nachweisbar ist. Dabei ist es gleichgültig, ob die Nebel ein kontinuierliches oder ein Emissionsspektrum zeigen. Im letzteren Fall ist also anzunehmen, daß die anregende Strahlung stets in gleicher Weise in Emission umgesetzt wird. Vielleicht ist auch das kontinuierliche Spektrum nicht auf Reflexion, sondern auf Anregung zurückzuführen. Kleine Unstimmigkeiten in einzelnen Fällen können durch die Annahme einer Absorption des Sternenlichtes durch vorgelagerte Materie gedeutet werden.

Bei den planetarischen Nebeln ist ein so deutlicher Zusammenhang zwischen der Helligkeit des Zentralsternes und der Ausdehnung des Nebels wie bei den diffusen Nebeln nicht vorhanden. Auch ist die Helligkeit der planetarischen Nebel bedeutend größer als die entsprechende Helligkeit bei den diffusen Nebeln; die Art der Anregung beim Leuchten der planetarischen Nebel muß also eine andere als bei den diffusen Nebeln sein.

Besonders hervorzuheben ist noch ein Versuch, auf Grund der bei den Milchstraßennebeln gefundenen Gesetzmäßigkeiten **die Entfernung des Spiralnebels M 33** herzuleiten. Das Spektrum dieses Nebels ist ein Emissionsspektrum derselben Art wie bei einer Reihe diffuser Milchstraßennebel. Nimmt man an, daß das Leuchten der Spiralnebel auf dieselben Ursachen wie das der Milchstraßennebel zurückzuführen ist, so ergibt sich hieraus unmittelbar der Spektraltypus und die absolute Helligkeit der Sterne, von denen die Lichtanregung ausgeht. Der Vergleich der absoluten Helligkeit ($M = -2{,}5$) mit der scheinbaren Helligkeit einiger zentral gelegener Sterne liefert für M 33 eine Entfernung von 33 000 parsec. Dieser Abstand ist größer als der bei den Spiralnebeln aus der Bewegung der Nebelmaterie hergeleitete. Es wäre jedoch möglich, daß das Licht der Zentralsterne infolge von Absorption eine Schwächung erfährt; die Entfernung des Nebels wäre dann geringer anzusetzen.

Innere Bewegung in Spiralnebeln. Für den Spiralnebel M 63 hat *A. v. Maanen* (Internal motion in the spiral nebula Mess. 63)[5]) ebenso wie früher für eine Reihe anderer solcher Nebel mit Hilfe zweier um 12 Jahre auseinander liegender Aufnahmen gezeigt, daß die Nebelmaterie sich in der Richtung der Spiralarme nach außen bewegt. Die jährliche Geschwindigkeit an der Sphäre ist im Durchschnitt 0,019 Bogensekunden; die Einzelwerte steigen nach außen zu von 0,016 auf 0,021 Bogensekunden an. *A. Kopff.*

Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen[1]). (*Carl Wirtz.*) Äußerlich ist diese schöne und in vielem neuartige Arbeit ein Kennzeichen der Not unseres Vaterlandes. *Wirtz* ist längst bekannt durch seine jahrelang ausgedehnten Ortsbestimmungen zahlreicher Nebelflecke am großen Refraktor der Straßburger Sternwarte. Am gleichen Instrument (50 cm Öffnung) wurde die vorliegende Reihe 1911 begonnen und im wesentlichen bis zum Kriegsausbruch fortgesetzt; das traurige Ende des Völkerringens verhinderte ihren völligen Abschluß. In Kiel wurde die endgültige Bearbeitung durchgeführt und der bekannte schwedische Astronom *Charlier* ermöglichte das Erscheinen der Arbeit in den Mitteilungen der Lunder Sternwarte.

Beobachtet wurde mit einem Vergleichskeilphotometer, in welchem nach einem Vorschlage *G. Müllers* an Stelle des künstlichen Sterns ein Photometernebelchen erzeugt wurde. Eingestellt wurde auf gleiche durchschnittliche Flächenhelligkeit von künstlichem und natürlichem Nebel. Zur Sicherung der Beobachtungen untereinander wurde noch eine Reihe von Vergleichsternen mitgemessen, für die das Okular stets um 19 mm aus dem Fokus gebracht wurde, so daß die Sterne als gleich große aber verschieden helle Scheibchen erschienen. Die Helligkeiten der Vergleichsterne wurden *Pickerings* Durchmusterungszone[2]) entnommen, die Keilkonstante im Laboratorium der Rosenbergschen Sternwarte in Tübingen bestimmt. Die Größenskala der Harvardsterne erwies sich mit der Straßburger identisch, ebenso mit der *Küstners* in seinem großen Katalog für 1900[3]), wodurch erneut die Brauchbarkeit seines quasiphotometrischen Verfahrens, Schätzungen in Verbindung mit Blendgittern, erwiesen ist.

Um einen Nullpunkt für die Nebelflächenhelligkeiten zu haben, derart, daß sich mit der Katalogangabe gleich eine gewohnte Vorstellung verbindet, wurden die vorliegenden Daten über die *Total*helligkeiten der Nebel herangezogen. *Holetschek* in Wien verdanken wir eine derartige ausgedehnte Beobachtungsreihe[4]). An einem 6-Zöller verglich er bei schwächster Vergrößerung den Gesamteindruck eines Nebels mit benachbarten schwachen Sternen, und der Referent hat 1921 durch Photometrie der Vergleichssterne *Holetscheks* Angaben für die Nebel in die üblichen Größenskala umgesetzt[5]). *Wirtz* legte den Nullpunkt seiner *Flächen*helligkeiten so fest, daß sie für Nebel von 1′ Durchmesser sich mit meinen Totalhelligkeiten decken.

An den so entstandenen Katalog von 566 Nebeln knüpft *Wirtz* noch eine Reihe weiterer Untersuchungen. Der Vergleich mit einigen nur kurzen älteren Beobachtungen sei hier übergangen. Am wichtigsten ist wohl der mit der *Holetschek-Hopmann*. Hierzu mußte *W.* erst seine Flächenhelligkeiten mittels der durch die früheren Straßburger Beobachtungen bekannten Durchmesser in Totalhelligkeiten verwandeln. Die Differenz *Wirtz—Holetschek-Hopmann* ergab sich als ziemlich stark abhängig vom Nebeldurchmesser, und zwar so, daß *Wirtz* die Totalhelligkeit bei großen Objekten zu groß, bei kleinen zu gering angesetzt hat. Dies war zu erwarten, da in Straßburg durchgängig die Kernpartie der Nebel, ihre hellste Stelle, beobachtet wurde. So behalten denn wohl meine a. a. O. abgeleiteten *durchschnittlichen* Flächenhelligkeiten ihre selbständige Bedeutung, die aus dem Totallicht mittels

[4]) Astrophys. Journal Vol. *56*, S. 400, 1922, und Mt. Wilson Contrib. Nr. 250.

[5]) Astrophys. Journal Vol. *57*, S. 49, 1923, und Mt. Wilson Contrib. Nr. 255.

[1]) Meddelanden fram Lunds Astronomiska Observatorium, Serie II, Nr. 29.

[2]) Annals of the Harvard Observatory Bd. *76*.

[3]) Veröffentlichungen d. Bonner Sternwarte Nr. 10.

[4]) Annalen der Wiener Sternwarte 1907.

[5]) Astronomische Nachrichten Bd. *214*, Nr. 23.

der Durchmesser, meist nach amerikanischen Photographien, abgeleitet wurden. — Weiter untersucht *Wirtz* die Beziehung zwischen seinen Flächengrößen und den klassischen Herschelschen Beschreibungen (oB, B, cB, pB = very, considerably, pretty bright). Jede dieser Stufen entspricht etwa $0^m,4$. Dabei zeigt sich aber, daß die Herschelschen Angaben in der Milchstraße merklich von den anderen abweichen: der helle Sternvordergrund verfälschte die Helligkeitsschätzung.

Weitere statistische Untersuchungen bestätigen die unabhängig von *Wirtz* von mir gemachten, die zum Nachweis dienen sollten, daß die Spiralnebel nicht mit dem Milchstraßensystem zu vergleichen sind, sondern diesem gewissermaßen noch angehören[6]). Genannt sei hier nur: die Flächenhelligkeit der Spiralen ist unabhängig davon, ob wir sie von „oben" oder „von der Kante" sehen; die bisher festgestellten Radialgeschwindigkeiten dieser Himmelsobjekte sind stark abhängig von der Totalhelligkit (je schwächer in Nebel; desto rascher soll er sich von uns entfernen), m. E. also wohl noch irgendwie systematisch verfälscht.

Die Flächenhelligkeit der Spiralnebel konzentriert sich im wesentlichen nach *Wirtz* um $11^m,7$, die der gasförmigen planetarischen Nebel ist höher, $10^m,5$ im Mittel. Diese Größe ist hier zudem stark abhängig vom scheinbaren Durchmesser. Je kleiner der Gasball, desto heller seine Fläche. Referent hatte seinerzeit auf die *Möglichkeit* hingewiesen, daß absolute Größe des Zentralsterns in den planetarischen Nebeln und Flächenhelligkeit in Beziehung zueinander ständen. Es war so angängig, die Distanzen dieser Objekte ungefähr zu bestimmen. *Wirtz* folgert aus seinen Werten, daß diese hypothetischen Parallaxen „wohl eine 1. Reihung der Objekte nach dem Abstande bedeuten". Er und auch neuerdings ich — auf Grund weiterer trigonometrischer Parallaxen von planetarischen Nebeln, die *v. Maanen* auf dem Mt. Wilson erhalten hat — stehen dieser Korrelation immerhin sehr skeptisch gegenüber. — Zwischen Flächenhelligkeit und Spektraltyp findet *Wirtz* bei diesen Objekten keinen Zusammenhang.

Auch 19 kugelförmige Sternhaufen enthält die Straßburger Nebelphotometrie. Hier ist der Gang zwischen Flächenhelligkeit und scheinbarem Durchmesser umgekehrt wie bei den Gasnebeln, und weiter: es wächst mit Anwendung der Shapleyschen Distanzen der Kugelhaufen die Flächenhelligkeit mit abnehmender Entfernung von uns. Ohne hier näher in Einzelheiten zu gehen, glaube ich, daß sich auch dies ähnlich erklärt wie die analoge Erscheinung bei den Spiralnebeln.

So reiht sich alles in allem diese letzte Arbeit der deutschen Straßburger Sternwarte würdig den anderen dortigen Nebelarbeiten an, an die von *Winnecke*, *Kobold* und *Wirtz*. *J. Hopmann.*

Zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse. Die Frage, ob unsere Elemente der Mondbahn genügen, selbst weit zurückliegende Finsternisse darzustellen, oder ob aus der Berechnung der Finsternisse eine Verbesserung unserer Elemente folgt, ist schon von verschiedenen Forschern erörtert worden. Bei der Verwendung früherer Finsternisse wurde öfters der Fehler begangen, nicht ganz glaubwürdige Finsternisse zu verwenden oder solche glaubwürdigen Finsternisse, bei denen aber der Beobachtungsort nicht bekannt ist. In verschiedenen Arbeiten hatte *F. R. Ginzel* auf das Bedenkliche, Finsternisse ohne Angabe des Beobachtungsortes oder wenigstens der Gegend zu verwenden, hingewiesen und aus eindeutigen Finsternissen eine Verbesserung zu den von *Oppolzer* für seinen bekannten Kanon der Finsternisse verwendeten Mondelementen berechnet. In der vorliegenden Arbeit führt *Ginzel*[1]) seine Untersuchung weiter und prüft 18 mittelalterliche Sonnenfinsternisse, bis zum Jahre 1400, auf Grund von nordischen und vorderasiatischen Berichten. Der größere Teil der Finsternisse war noch nicht bekannt; bei den anderen konnte Verfasser den Bereich ihrer Sichtbarkeit erweitern. Anschließend an die Untersuchung gibt er ein Verzeichnis von 12 überlieferten antiken Sonnenfinsternissen, von denen 5 unbrauchbar, 4 fraglich und nur 3 mehr oder weniger brauchbar sind, und von 21 nur brauchbaren mittelalterlichen Sonnenfinsternissen bis zum Jahre 1400. Eine erneute Verbesserung der Mondelemente wird nicht durchgeführt.

J. Fr. Schroeter[8]) gibt in seiner Arbeit, deren Umschlag leider die mißdeutige Bezeichnung „Sonnenfinsternisse von 600 bis 1800 n. Chr." trägt, eine Fortsetzung zu *Ginzels* „Speziellem Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr." Verfasser teilt darin die Sichtbarkeit der zentralen Sonnen- und Mondfinsternisse für das Gebiet zwischen 30° bis 70° nördlicher Breite und — 30° bis + 75° Länge von Greenwich mit, unter Beigabe einer Karte der Sichtbarkeit für jede dieser Finsternisse. Die in den Karten eingezeichneten Kurven der 9-Zoll- (= ⅔) Bedeckung werden besonders den Geschichtsforschern wertvoll sein, weil sie ihn sofort erkennen lassen, ob für einen Ort die Finsternis auffällig sichtbar sein konnte oder nicht. Die beiden speziellen Kanons von *Ginzel* und *Schroeter* gestatten es jedem Geschichtsforscher, sich ohne Rechenarbeit über die in dem Hauptkulturgebiet vorgekommenen Sonnen- und Mondfinsternisse Gewißheit zu verschaffen. *E. Zinner.*

Kugelförmige Sternhaufen mit langperiodischen Veränderlichen. Nach Harv. Bull. 783 gibt es in dem Haufen 47 Tucanae drei Veränderliche mit Perioden von 211, 203 und 192 Tagen und einem Lichtwechsel zwischen 11,0 und 14,3. Die Gleichheit von Periode und Lichtwechselbereich deutet auf eine neue Bestätigung der Leavittschen Kurve, worüber *Shapley* eine ausführliche Diskussion ankündigt, deren Ergebnis für eine weitere Besprechung man wird abwarten müssen. *H. Kienle.*

Berichtigung. In der Besprechung des Handbuches der biologischen Arbeitsmethoden in Heft 23 ist auf S. 451 in der ersten Spalte im vorletzten Absatz eine Zeile ausgefallen. Es soll dort heißen: In einem getrennten Aufsatz führt *F. Ehrlich* die biochemisch wichtigen Substanzen auf, die bei der Aufarbeitung der Melasseschlempe gewonnen werden.

---

[6]) Astronomische Nachrichten Bd. *218*, Nr. 7.

[7]) Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse und zur Frage ihrer Verwendbarkeit. Abhandl. d. K. Preuß. Akad. d. Wissenschaften Jg. 1918, Phys.-Math. Klasse Nr. 4, Berlin 1918.

[8]) Spezieller Kanon der zentralen Sonnen- und Mondfinsternisse, welche innerhalb des Zeitraums von 600 bis 1800 n. Chr. in Europa sichtbar waren. Herausgegeben auf Staatskosten durch Videnskapsselskapet i Kristiania. Kristiania, in Kommission bei Jakob Dybwad, 1923.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.